塔里木盆地西南地区海相白垩系—第三系界线

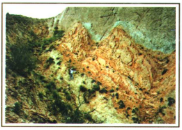
郝诒纯　郭宪璞　叶留生　等著



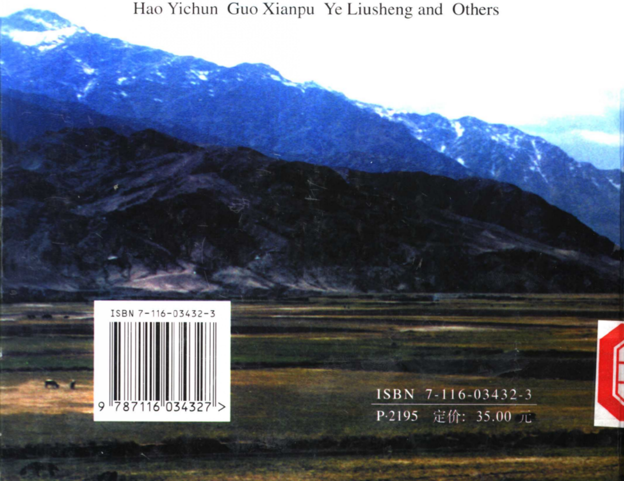
地质出版社

THE BOUNDARY BETWEEN THE MARINE CRETACEOUS AND TERTIARY IN THE SOUTHWEST TARIM BASIN





Hao Yichun Guo Xianpu Ye Liusheng and Others



ISBN 7-116-03432-3
9 787116 034327 >

ISBN 7-116-03432-3
P·2195 定价: 35.00 元

塔里木盆地西南地区海相白垩系—第三系界线

郝诒纯　郭宪璞　叶留生　姚培毅
付德荣　李汉敏　阮培华　王大宁　著

地质出版社
·北　京·

内 容 提 要

本书是原地质矿产部和西北石油地质局共同资助的"塔里木盆地西南地区海相白垩系—第三系界线研究"项目的科研总结。作者以多重地层学和成因地层等为指导，以生物地层和岩石地层为基础，运用事件地层、界线层型、化学地层等先进方法和理论，厘定了该区海相白垩系—第三系界线，取得了突破性进展，使之成为一条自然界线。这为塔里木盆地乃至西北地区的白垩系—第三系界线划分对比提供了可靠的参照系。本书可供从事地质工作的科研、教学及地质普查、找矿人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

塔里木盆地西南地区海相白垩系—第三系界线/郝诒纯等著.
—北京:地质出版社,2001.6
ISBN 7-116-03432-3

I.塔… II.郝… III.白垩纪～第三纪—海相—地层界限—塔里木盆地 IV.P534

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 039281 号

责任编辑:白 铁 赵俊磊 蔡明海
责任校对:王迎华
出版发行:地质出版社
社址邮编:北京海淀区学院路 29 号,100083
电　　话:82324508(邮购部)
网　　址:http://www.gph.com.cn
电子邮箱:zbs@gph.com.cn
传　　真:010—82310759
印　　刷:北京印刷学院学习工厂
开　　本:787×1092 1/16
印　　张:7.25　　图版:6 页　　彩图:2 页
字　　数:200000
印　　数:500
版　　次:2001 年 2 月北京第一次·第一次印刷
定　　价:35.00 元
ISBN 7-116-03432-3/P·2195

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)



郝诒纯院士

(1920年9月1日～2001年6月13日)

郝诒纯教授是国内外知名的地质学家、教育家、地层古生物学家。她是湖北咸宁人，1920年9月1日出生，1943年毕业于西南联合大学，同年考取清华大学研究生，1957～1959年在苏联莫斯科大学和科学院进修。之后，她先后执教于云南大学矿冶系、北京大学地质系、北京地质学院和中国地质大学。生前任中国地质大学（北京）教授、中国科学院院士、中国古生物学会和中国微体古生物学会理事长和名誉理事长等职。

本书是她生前任第一负责人的原地质矿产部和西北石油地质局联合资助的“新疆塔里木盆地西南地区海相白垩系—第三系界线研究”项目的科学总结。



1994年11月，郝诒纯院士（中）与郭宪璞（右）叶留生（左）研讨本项目的有关问题



1995年7月，郭宪璞在新疆天山野外地质考察



1995年8月，郭宪璞（左）与付德荣（中）等在新疆阿克彻依剖面野外地质考察



1995年8月，姚培毅（左）与付德荣（右）在新疆乌鲁克恰特剖面野外地质考察



1994 年 7 月，郭宪璞在新疆乌鲁克恰特剖面野外地质考察



1994 年 8 月，姚培毅在新疆阿克彻依剖面野外地质考察

前　言

白垩系和第三系的界线，即中生界与新生界之间的界线，是地质历史上的一个重大地质事件。由于它涉及曾盛极一时的恐龙类的绝灭、哺乳动物的兴起和其他许多生物类别的衰退、消亡与复苏以及全球自然环境的巨变，几十年来对它的研究备受地学界乃至整个科学界的关注。研究灾变事件与劫后复苏关系，揭示自然环境对生物界的影响和生物界对自然环境的适应，阐明二者在历史发展中密不可分的关系，以及人类应如何从中获得启示，保持与大自然的协调发展，以预防和抵御自然灾害，保障生存与可持续发展，更是当前这一界线研究的前沿目标，已经成为科学界研究的热点之一。尽管人们对白垩纪—第三纪间这一地质事件发生的诱因看法不尽相同，但灾变的事实是公认的。做为这一事实的物质记录的灾变事件层可为我们识别和确定白垩系与第三系界线提供重要依据。

塔里木盆地西南地区是我国海相白垩系—第三系连续发育的少数地区之一。经过百余年特别是近数十年来中外学者的研究，建立了较为完整的地层系统，这为白垩系与第三系界线的划分奠定了基础。但是由于缺少可靠的化石证据和年代数据，也缺乏用现代地层学研究这一界线的思路和方法，长期以来该地区的这一界线一直划在假整合或间断面上，即划在吐依洛克组和阿尔塔什组之间，这是一条约定俗成的物理界线，与《国际地层指南》有关界线的划分原则差距甚大。因此，站在现代地层学原则的高度看，本地区海相白垩系与第三系的界线研究，尚有许多工作要做。

国际上关于白垩系与第三系界线的研究至今方兴未艾，成果颇丰，积累了丰富的实际资料。海相白垩系与第三系的经典地区如丹麦、瑞典和西班牙的典型剖面发育于北大西洋和特提斯洋的正常海相环境，沉积层序连续完整、生物化石分带性强，尤其是浮游有孔虫和钙质超微化石在这一界线上下呈现明显的差异性，白垩纪类群大规模集群绝灭，被第三纪新生的类型所取代。在这些地区白垩系和第三系是连续沉积的，灾变现象除生物的绝灭与复苏外，还发现天体物质的大量加入，使得界线层中铱、钴、镍等元素和碳、氧稳定同位素异常。与生物灾变有着共同的切入点，两者显示了良好的同步性和一致性。这就为确定白垩系与第三系界线提供了良好的标志与物质记录。

与经典地区的白垩系与第三系界线相比，塔里木盆地有它自己的特殊性。首先，塔里木盆地西南地区当时处于前陆盆地，受构造活动影响很大，它夹于天山和昆仑山两大构造带之间，盆地的沉降中心和沉积中心迁移频繁，地层的连续性经常遭到破坏，相带分布不均一。从大的环境格局来说，它处于特提斯洋的边缘——有人称之为拟特提斯（实际上以海湾地带为主），无论是构造特征还是沉积特征、生物发育都与正常特提斯类型有许多不同点。其次，由于区域构造变动频繁，又受全球海平面变化影响，在塔里木盆地缺乏持续稳定的环境背景，岩相变化较大，反映了多旋回、多期次、多单元的独特地质特征。盆地西南部的古新统除齐姆根组为正常浅海相或滨海相沉积外，吐依洛克和阿尔塔什组为潮上带潟湖相沉积。而在阿克彻依地区阿尔塔什组则是一套分选很差的砂砾岩，有可能是河流相深切谷沉积，反映海平面

的急剧下降。第三，生物难以适应这样的环境，系统谱系发生常因环境改变的影响，形成不了良好的系统发生带。塔里木盆地西南地区在白垩纪—第三纪时，生物以底栖类型占绝对优势，浮游类型很少，即使出现也因延续时间暂短，不能很好地繁衍发展，形不成系统连续的谱系带，这反映了当时的环境不利于正常海相狭盐性生物的发育。因此，在该地区就不可能形成连续的浮游生物带，与国际分带的对比十分困难甚至不可能，这就增加了与国际上同时期地层对比的困难。底栖生物虽比浮游类型的适应性广泛一些，但是咸度异常、水流不畅的海湾、潟湖环境也使多数底栖生物不能适应。因此，在塔里木盆地西南地区，由于白垩纪与第三纪之交的严酷环境，也难以在白垩系与第三系界线附近形成良好的谱系带，多数只能形成适应单一环境的组合带。很多情况下，这种组合带也难以延续很长时间，有些层位几乎没有或者绝少化石。总之，欧洲正常海相白垩系与第三系界线模式在这里不能适用。因此，我们必须针对塔里木盆地西南地区的实际情况确定划分界线的行之有效的思路和方法。

原地质矿产部科技司和西北石油地质局为了提高西北地区海相中、新生代地层的研究水平和地层界线对比的准确性和精度，立项支持开展新疆塔里木盆地西南地区海相白垩系与第三系界线研究。在这种构造变动频繁的前陆盆地，以海湾、滨海相为主的地区做确定白垩系与第三系界线的工作，在国内尚属首次，难度和工作量很大。

参加本项目研究的人员，决定首先在工作区域内找出两系之间连续沉积的剖面和界线事件层，几年来两赴塔里木盆地西南地区，克服诸多困难，进行了广泛的地质调查，取得了许多宝贵的第一手资料。在天山前缘的库孜贡苏地区和昆仑山前缘的阿克彻依和阿尔塔什地区发现了白垩系和第三系的沉积连续、海相性较强的地层剖面，并选定了其中 3 个剖面、对两系界线附近的 6 个岩组（自下而上：库克拜组、乌依塔克组、依格孜牙组、吐依洛克组、阿尔塔什组和齐姆根组）进行了深入的岩石地层学和生物地层学研究，建立了有孔虫组合带，划分了孢粉组合并取得了介形虫、双壳类、沟鞭类等类种属鉴定和分布规律分析的成果。据此，对各岩组的时代进行了厘定，特别是根据吐依洛克组中两个有孔虫组合带及与国际对比，证明了该组的时代属于古新世丹尼期；依格孜牙组中固着蛤的兴衰与最后绝灭，是白垩纪末期古海洋环境恶化和大海退事件的集中反映，经与中亚邻区对比，确认该组的时代应为晚白垩世的马斯特里赫特期。这样就从生物地层和生物事件的角度，限定了本区的白垩系与第三系界线应该划在依格孜牙组和吐依洛克组之间，并根据岩石学特征发现了界线事件层。除对比总结两组界线上下生物界的演变，发现一些古生物类别的绝灭、复苏、新老更替外，同时还在两组之间的绿色泥岩（界线粘土）中首次发现了稀有金属铱的异常以及铱、稀土元素、微量元素和碳、氧稳定同位素等异常，从而得出了与生物事件相一致的结论，确定了事件层的存在。灾变事件层地球化学异常是全球性的，可以与国内外同类事件层相对比，这一异常事件与上述生物事件在塔里木盆地西南地区的新发现，为将过去根据假整合确定在吐依洛克组和阿尔塔什组之间的海相白垩系与第三系界线厘定在依格孜牙组与吐依洛克组之间提供了坚实的依据。这样的厘定完全符合《国际地层指南》关于确定地层界线的要求与原则。因此，新厘定在依格孜牙组和吐依洛克组的白垩系与第三系界线代表一条自然界线，像这样的自然界线其时限一般都短于一个化石带的延伸时间，是精确性很高的界线。

本项目由郝诒纯、叶留生、郭宪璞策划、设计，参加人员按专业分工进行野外工作、室内研究和编写成果报告。具体分工如下：第一章第一、二节由叶留生编写，第三节由郭宪璞编写；第二章由郭宪璞编写，其中第一节由叶留生编写；第三章第一节由郭宪璞、李汉敏编写，

第二节由阮培华编写，第三节由王大宁编写，第四节由郭宪璞、姚培毅编写，第五节由郝诒纯编写；第四章由郭宪璞编写；前言、结语由郝诒纯编写。最后由郝诒纯负责审定报告全文。

在野外和研究工作过程中，承蒙原地质矿产部西北石油地质局、地质研究所、国家地震局地质研究所、新疆地矿局喀什二队各级领导及同行们的支持与关怀。杨遵仪院士、曾学鲁教授和张勤文、侯鸿飞、王思恩研究员等对本项目有关问题提出宝贵意见和建议，使研究人员受益匪浅。邹欣庆、金若谷、宋其善等同志也为本项目承担了有关工作。本书中还引用了费安玮的有关资料。周玮打字排版，宋迎年、张淼清绘图件，韩国舜摄制化石图版，在此谨向他们一并致以衷心感谢。

目　录

第一章 塔里木盆地西南地区海相白垩系—第三系特征

塔里木盆地位于亚洲腹地，地处我国西北边陲，西与独联体有关国家相毗邻，是介于天山和昆仑山之间的我国最大的内陆盆地，其中心为塔克拉玛干沙漠，总面积为56万km^2。该盆地西南地区是我国发育海相白垩系和第三系的少数地区之一。它与西藏地区是当时特提斯洋伸向我国的两个分支。由于它属于近岸滨—浅海环境，是我国寻找能源的理想地区之一。经过国家几个五年计划的攻关研究和勘探开发，一批高产油气井的相继发现展示着这一地区诱人的前景。

就地质历史而言，塔里木盆地是一个具有多元结构和复杂演化历史的复合型盆地。它经历了前震旦纪相对活动和固结阶段、古生代(包括震旦纪)相对稳定的地台发育阶段和中、新生代前陆盆地发育阶段等三个构造演化时期。塔里木盆地在地层区划上属于塔里木区，本书研究涉及该区的莎车分区的喀什、英吉沙、和田及麦盖提等地层小区，面积约20万km^2(图1—1)。塔里木盆地西南地区是我国海相白垩系—第三系发育地区之一，这一套地层呈条带

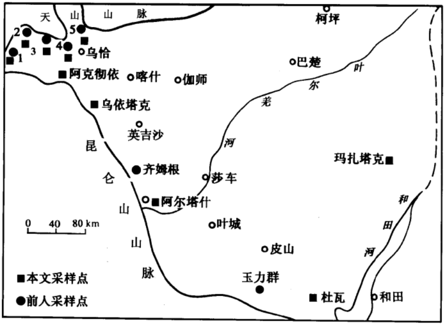


图1—1 工作区位置图

1—斯姆哈那；2—乌鲁克恰特；3—巴什布拉克；4—康苏；5—库孜贡苏

状分布于天山和昆仑山前缘地带，靠近盆地中心被巨厚的第四系所覆盖，极少出露。在天山前缘由北向南从老到新依次出露，而昆仑山前缘则与之相反。本区海相白垩系—第三系分布广泛，沉积厚度大，最大厚度可达万米以上。由下而上白垩系可划分成克孜勒苏群和英吉沙群，第三系划分成喀什群、乌恰群和阿图什组(表1—1)。本书仅就与白垩系与第三系界线有关的上白垩统和古新统的发育特征进行简述。

表1—1 塔里木盆地西南地区白垩系—第三系划分沿革表

<table>
<tr><th colspan="4">新疆地层表
(1981)</th><th colspan="3">原苏联十三航测队
(1951～1953)</th><th colspan="3">郝诒纯等
(1982)</th><th colspan="3">本　书</th></tr>
<tr><th>系</th><th>统</th><th>群</th><th>组</th><th>系</th><th>统</th><th>组</th><th>系</th><th>统</th><th>组</th><th>系</th><th>统</th><th>组</th></tr>
<tr><td rowspan="3">新第三系</td><td>上新统</td><td></td><td>阿图什组</td><td rowspan="4">新第三系</td><td>上新统</td><td>苍棕色组</td><td rowspan="4">新第三系</td><td>上新统</td><td>阿图什组</td><td rowspan="4">新第三系</td><td>上新统</td><td>阿图什组</td></tr>
<tr><td rowspan="2">中新统</td><td rowspan="2">乌恰群</td><td>帕卡布拉克组</td><td rowspan="3">中新统</td><td>上褐色组</td><td rowspan="3">中新统</td><td>帕卡布拉克组</td><td rowspan="3">中新统</td><td>帕卡布拉克组</td></tr>
<tr><td>安居安组</td><td>杂色组</td><td>安居安组</td><td>安居安组</td></tr>
<tr><td rowspan="7">老第三系</td><td rowspan="2">渐新统</td><td rowspan="7">喀什群</td><td>克孜洛依组</td><td>下褐色组</td><td>克孜洛依组</td><td>克孜洛依组</td></tr>
<tr><td>巴什布拉克组</td><td rowspan="6">老第三系</td><td>渐新统</td><td>苏木扎克组
|
利什坦组</td><td rowspan="6">老第三系</td><td>渐新统</td><td>巴什布拉克组</td><td rowspan="7">老第三系</td><td>渐新统</td><td>巴什布拉克组</td></tr>
<tr><td rowspan="3">始新统</td><td>乌拉根组</td><td rowspan="3">始新统</td><td>土尔克斯坦组</td><td rowspan="3">始新统</td><td>乌拉根组</td><td rowspan="3">始新统</td><td>乌拉根组</td></tr>
<tr><td>卡拉塔尔组</td><td>阿莱依组</td><td>卡拉塔尔组</td><td>卡拉塔尔组</td></tr>
<tr><td rowspan="2">齐姆根组</td><td>苏扎克组</td><td>盖吉塔格组</td><td>盖吉塔格组</td></tr>
<tr><td rowspan="2">古新统</td><td rowspan="2">古新统</td><td rowspan="2">布哈尔组
阿克得亚尔层</td><td rowspan="2">古新统</td><td>齐姆根组</td><td rowspan="3">古新统</td><td>齐姆根组</td></tr>
<tr><td>阿尔塔什组</td><td>阿尔塔什组</td><td>阿尔塔什组</td></tr>
<tr><td rowspan="5">白垩系</td><td rowspan="4">上白垩统</td><td rowspan="4">英吉莎群</td><td>吐依洛克组</td><td rowspan="5">白垩系</td><td rowspan="5"></td><td rowspan="5"></td><td rowspan="5">白垩系</td><td rowspan="4">上白垩统</td><td>吐依洛克组</td><td>吐依洛克组</td></tr>
<tr><td>依格孜牙组</td><td>依格孜牙组</td><td rowspan="4">白垩系</td><td rowspan="3">上白垩统</td><td>依格孜牙组</td></tr>
<tr><td>乌依塔克组</td><td>乌依塔克组</td><td>乌依塔克组</td></tr>
<tr><td>库克拜组</td><td>库克拜组</td><td>库克拜组</td></tr>
<tr><td>下白垩统</td><td>克孜勒苏群</td><td>克孜勒苏群</td><td>下白垩统</td><td>克孜勒苏群</td><td>下白垩统</td><td>克孜勒苏群</td></tr>
</table>

第一节　上白垩统

本区上白垩统发育，为一套滨浅海相沉积，总厚度约760 m，分布广泛，横向分布较为稳定，纵向变化明显，层序清楚，发育完整，化石较丰富。在天山前主要出露于斯姆哈那—乌鲁克恰特—库孜贡苏一带；在昆仑山前见于阿克彻依—乌依塔克—阿尔塔什一带。在库木乌溜沟以东、康苏、杨叶及乌拉根等地缺失，康苏至乌恰公路以西的卡拉塔尔—阿拉套之间仅残留上白垩统库克拜组下部地层。

该统主要岩性为海相的灰绿、灰褐色泥岩，灰黄、灰红色灰岩、生物灰岩、生物碎屑灰岩以及潟湖相暗红色泥岩夹膏泥岩和石膏等。在天山前沉积厚度大而层位有所缺失，昆仑山前沉积厚度稍小而层位齐全。在区域岩石地层单元上该统为英吉莎群，自下而上划为库克拜

组、乌依塔克组和依格孜牙组。从海相性角度分析，库克拜组在本区海相性程度较为正常，而其上覆的两个岩组在昆仑山前海相性程度较高，天山前次之。

一、库克拜组

该组广泛分布于昆仑山和天山前缘地区，岩性和岩相基本稳定。主要岩性为灰绿色泥岩，灰黄色、灰色灰岩和生物灰岩。在命名地点，库克拜该组厚134 m，其他地区介于100～210 m之间。在阿拉套—卡拉塔尔之间以及库木乌溜沟—乌恰及乌拉根隆起等部分地区被覆盖或全部缺失。该组西起斯姆哈那，东至玉力群一带，延伸约450km，在杜瓦附近尖灭。这是一套以正常浅海相为主的地层，含有较丰富的化石，计有牡蛎、菊石、海扇、海胆、鲨鱼牙、有孔虫、苔藓虫、介形虫、腹足类、颗石藻、沟鞭藻及孢粉等十几个门类，有孔虫尤为发育。与下伏地层克孜勒苏群呈整合接触。根据岩性该组可分成3段。

下段：棕褐、灰绿色泥质砂岩夹数层石膏及膏泥岩。最底部为灰白色含砾细砂岩、砂岩，该层为本区的标志层之一。在阿克彻依、库孜贡苏、斯姆哈那等地产有少量有孔虫 *Quinqueloculina*。

中段：灰绿、深灰色泥岩，砂质泥岩夹灰岩。有孔虫化石较为丰富，主要为胶结壳类型，可分为 *Migros-Ammobaculites* 和 *Talimuella-Ammobaculites* 上下两个组合带。

上段：灰绿、灰黄色泥灰岩，泥岩与灰岩互层，介壳灰岩等。有孔虫化石较丰富，主要为钙质微孔壳底栖类型，尚产有一定数量的浮游有孔虫，构成 *Discorbis-Hedbergella* 组合带。

该组中、上段化石较丰富，前文所述上白垩统的化石主要门类均分布于此。菊石有 *Thomasites koulabicus*，*Placenticeras placenta*；双壳类以牡蛎为主，可形成介壳层，主要有 *Liostrea oxiana*，*Exogyna columba*，*E. olisiponensis*，*Ostrea delleterei*，*Gryphaea costei*，*Gyroostrea turkestanensis*；介形虫有 *Cytherella regulairis*，*Brachycythere* sp.，*Schuleridea oviformis* 等。根据化石组合的时代，该组的时限为赛诺曼中、晚期—土仑期(表1—2)。

表1—2　研究区白垩系时代划分沿革表

<table>
<tr><th colspan="2">作者
地层</th><th>蒋显庭
(1980)</th><th>余静贤
张望平
(1980)</th><th>郝诒纯
曾学鲁
李汉敏
(1982)</th><th>唐天福
杨恒仁等
(1982)</th><th>茅绍智
诺利斯
(1984)</th><th>何承全
(1984)</th><th>钟石兰
(1984)</th><th>本书</th></tr>
<tr><td rowspan="4">上白垩统</td><td>吐依洛克组</td><td rowspan="2"></td><td></td><td rowspan="3"></td><td>马斯特里赫特期</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="3"></td><td>古新世</td></tr>
<tr><td>依格孜牙组</td><td>马斯特里赫特早期
—
坎潘期</td><td>马斯特里赫特期
—
赛诺期</td><td>马斯特里赫特期</td></tr>
<tr><td>乌依塔克组</td><td>土仑期</td><td rowspan="2">赛诺期
—
赛诺曼期</td><td>赛诺期
—
土仑期</td><td></td><td>赛诺早期
—
土仑期</td><td>赛诺期</td></tr>
<tr><td>库克拜组</td><td rowspan="2"></td><td>土仑期
—
赛诺曼期</td><td>土仑期
赛诺曼期</td><td>康尼亚克期
—
赛诺曼期</td><td rowspan="2"></td><td>赛诺曼期
—
阿尔毕期</td><td>土仑期
—
赛诺曼中晚期</td></tr>
<tr><td>下白垩统</td><td>克孜勒苏群</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>赛诺曼早期
—
贝利阿斯期</td></tr>
</table>

二、乌依塔克组

本组分布范围比库克拜组略有缩小。在岩相上，天山前和昆仑山前地层差异较大，生物面貌也明显不同。天山前本组为一套棕红、杂色砂泥岩与膏泥岩互层夹石膏，厚约150～200 m，化石单调稀少，仅见少量双壳类、介形虫、孢粉和有孔虫，与库克拜组相比大为逊色。昆仑山前部分地区同天山前的情况相近似，但在乌依塔克—阿克彻依一带该组发育较好，现以阿克彻依剖面为代表加以阐述。本组在此剖面厚约100 m，发育完整，根据岩性和化石可明显分为3段：

下段：棕红、灰绿色膏泥岩，泥岩夹薄层石膏，未见化石。厚29 m。

中段：绿、灰绿、深灰色泥岩，生物碎屑灰岩，灰岩。该段含有较为丰富的海相生物化石，计有牡蛎、介形虫、海百合、海胆、腕足类、腹足类、有孔虫、沟鞭藻、孢粉和钙质超微化石（郝诒纯等，1988）。有孔虫自下而上可分为4个组合带，即 *Migros-Ammobaculites* 组合带、*Pararotalia-Nonionella* 组合带、*Cibicidina-Quinqueloculina* 组合带和 *Quinqueloculina-Massilina* 组合带。厚40 m。

上段：棕红、紫红色为主夹灰绿色泥岩、砂质泥岩、砂质膏泥岩，未见化石。厚28 m。

根据有孔虫和孢粉化石的时代分析，该组的时代为土仑晚期—赛诺期（郭宪璞，1995）。

三、依格孜牙组

该组分布范围与库克拜组大致相同，天山前缘的斯姆哈那和康苏等地缺失。该组主要为一套潮间—潮上萨巴哈相的褐红色砂质膏泥岩和泥质粉砂岩不规则互层夹石膏层及白云岩、泥质灰岩等。在上部白云岩和泥质灰岩中可见双壳类和藻类化石。该组在昆仑山前发育较好，从阿克彻依经依格孜牙、吐依洛克、阿尔塔什向东至莫莫卡一线均有出露，岩性和岩相稳定，主要为灰红、粉红、灰色厚层—块状生物灰岩、泥灰岩夹少量红色泥质砂岩、膏泥岩。厚35～200 m不等。这套灰岩中产有较丰富的牡蛎、固着蛤、海扇、腹足类、腕足类、有孔虫、介形虫和孢粉化石等。有孔虫以似瓷质壳小粟虫类为主，构成 *Quinqueloculina-Nodosaria-Textularia* 组合带和 *Pseudotriloculina-Ammodiscus-Protelphidium* 组合带。根据小粟虫类有孔虫在上白垩统中3个岩组的演化趋势和特点，以及固着蛤化石在该组上部之最后消失，该组的时代应为马斯特里赫特期。

第二节　古　新　统

由于印度板块自早白垩世阿普提期起急速北移向亚洲大陆俯冲形成白垩纪的前陆盆地。古新世时，俯冲加剧，前陆盆地面积扩大，特提斯海水大量涌入，形成塔里木海湾内的大规模海侵。根据现有资料分析，古新世时构成本区中、新生代最大的海侵体系。古新统在本区分布范围广泛，除天山前和昆仑山前多有分布外，向东在巴楚隆起的玛扎塔克、罗斯塔格等地区亦有出露。在天山前乌拉根隆起、杨叶地区被剥蚀或残留部分地层，康苏—巴什布拉克一带下部地层出露不全，与下伏地层呈超覆不整合接触。该统岩性主要为正常浅海相的灰色、灰黄色灰岩、生物灰岩和灰绿、深灰色泥岩以及滨海—潟湖相的石膏、膏泥岩和含膏质砂岩、泥岩，总厚度约500 m左右。该统的区域岩石地层单元称为喀什群，自下而上划分为吐依洛克组、阿尔塔什组和齐姆根组等3个岩组。

一、吐依洛克组

该组分布范围较为局限，仅在天山前库孜贡苏、巴什布拉克和昆仑山前的吐依洛克、阿克彻依、乌依塔克、阿尔塔什等地有出露。不少地区遭受剥蚀或保存不完整。该组在建组地点吐依洛克厚 114 m，在乌依塔克厚 20 m，在阿克彻依厚 27 m，在阿尔塔什厚 25 m，在库孜贡苏厚 67 m。该组与下伏上白垩统依格孜牙组整合接触。根据岩性该组可分为两段：

下段：棕红色砂质泥岩、膏泥岩，底部夹灰绿色泥岩、泥质团块和砂岩。在灰绿色泥岩中有 *Cibicides-Cibicidoides* 有孔虫组合带和介形虫化石。

上段：灰白、灰褐色厚层石膏夹膏泥岩，顶部为薄层含膏砂质泥岩。在库孜贡苏剖面可见两层棕色泥岩中夹有黑色泥质团块。在阿克彻依剖面该段灰黄、灰白色中厚层—块状生物碎屑灰岩中发现以 *Quinqueloculina*、*Nonion*、*Textularia* 为主的有孔虫化石。这是首次在该组上段地层中发现有孔虫化石。

根据有孔虫组合和介形虫化石的时代，本组时代应为古新世早期。

二、阿尔塔什组

该组在本区内分布广泛，向东至玛扎塔克等塔克拉玛干沙漠腹地亦有出露。该组岩性相当稳定，为一套巨厚层的白色隐晶质石膏，夹数层到十余层薄层白云岩、白云质灰岩、泥灰岩、泥岩及膏泥岩，在阿尔塔什地区最为发育，厚度可达 375 m。以阿尔塔什为中心，向东西两侧延伸，厚度逐渐变薄。东部克里阳地区厚度变为十余米，在库孜贡苏厚 261 m，在斯姆哈那 141 m，在康苏一带 40～50 m。其底与下伏吐依洛克组之间呈微角度不整合及假整合。该组化石稀少，有孔虫仅见 *Quinqueloculia*。在库孜贡苏、巴什布拉克等地产有小型双壳类和腹足类：*Corbula* （*Cuneocorbula*） *asiatica*，*C.*（*C.*） *angulata*，*Brachydontes jeremejewi*，*B. elongans*，*Potamides* sp.，*Modiolus* sp.，*Cardita* sp.，*Natica* sp. 等。

根据双壳类化石和上、下层位关系，该组的时代为古新世早—中期。

三、齐姆根组

该组分布范围与阿尔塔什组相同。岩性主要为灰绿色泥岩、灰色生物灰岩夹薄层介壳灰岩，厚约 100～162 m。与下伏阿尔塔什组呈整合接触。在本区内岩性相当稳定，为正常海相或滨海相沉积，代表本区最大范围的一次海侵。底部和顶部均有一套灰岩层，为全区的标志层。

该组产有丰富的海相化石，计有双壳类、腹足类、海胆、鲨鱼牙、介形虫、海百合、有孔虫、苔藓虫、沟鞭藻、钙质超微化石及孢粉等。有孔虫发育最好。自下而上可分为 4 个组合带：

1. *Spiroplectammina-Textularia* 组合带
2. *Lagenammina-Haplophragmoides* 组合带
3. *Discorbis-Globigerina-Globorotalia* 组合带
4. *Nonionellina-Anomalina* 组合带

根据有孔虫组合带和其他化石的时代分析，该组的时代为古新世中—晚期。

需要说明的一点是，西北地区区域地层表新疆分册中的齐姆根组上部尚有一段红色膏泥岩地层，厚约 48 m。郝诒纯等(1982)在库孜贡苏等两个剖面该套地层中发现了始新世有孔虫，并根据岩性特征建立了一个新的岩石地层单位——盖及塔格组。本书采用这一方案，本书涉及的齐姆根组不包括原来的上段地层。

第三节 地层界线划分的原则和方法

地层之间界线的划分与确定，特别是各系、各界之间界线的划分与确定，历来是地层学研究的重要内容。历届国际地层委员会都把发展和完善全球地层表、交流各系主要划分标准、建立各地层单位的界线和对比作为该会的宗旨和关键任务。它要求各地层分会在完善和对比全球标准的系、统、阶的工作中，以确定它们之间的界线为主要任务。各国地层工作者为此付出了艰辛的努力，为国际界线层型的确立做了大量的工作。近30年来全球没有任何一个界线能像白垩系与第三系界线那样引人注目，原因主要有三：一是界线事件引起恐龙等大型爬行类的灭绝和其他生物集群灭绝；二是哺乳类的兴起即在此界线之后，与人类起源关系密切；三是环境剧变、环境演化机制以及劫后生物复苏与人类的生存、发展密切相关。尽管白垩纪末期和第三纪早期的事件的原因仍众说纷纭，但剧变的客观事实已为地学工作者所公认。

塔里木盆地西南地区在我国海相白垩系与第三系研究中具有举足轻重的位置，受到人们的关注。经过国内外学者百余年特别是近几十年来的研究，建立了较为完整的地层层序和地层系统，为白垩系与第三系界线的正确划分奠定了良好的基础。以往本区这一界线的研究工作较为薄弱，几乎是个空白。由于没有可靠的化石证据和年代数据，加上这套地层大部分为非正常海相沉积，长期以来未能引起人们足够的重视。随着20世纪80年代国际上对白垩系与第三系界线研究的新发现和新观念的提出，本区的这一研究才得到人们的关注。

一、构造变动与界线划分的关系

关于地层之间的界线划分原则和方法，自地层学产生以来一直争论不休，莫衷一是。地层学发展至今天，关于地层界线划分的标准，概括起来有两种，一是物理界线，二是自然界线。至于介于两者之间的标准也有人不断提出。

物理界线的标准是地层学发展过程中不可避免产生的一种直观、易识别的标准。它是传统的，也是历史性的。这种标准在界线划分上往往强调地层自然特性的变化和物理间断，许多界线根据构造不整合关系来确定，如传统寒武系下界、志留系与泥盆系之间的界线。本区白垩系与第三系界线以往也是根据这一标准建立在吐依洛克组和阿尔塔什组之间的。这种划分标准延续了相当长的时间而且普遍被认为是天经地义的事情。随着地质工作的深入发展和全球界线资料的大量积累，人们认识到物理界面所确定的界线，横向延伸到其他地区时很难对比和应用。因此，国际地层分类委员会（1969，No. 25报告）指出："年代地层单位的界线不应当放在不整合面上，岩性和化石的急剧变化应当做可能存在间断，这样的层序降低了作为年代地层的标志"。由A. 萨尔瓦多主编的修改后的《国际地层指南》（1994）也指出："将年代地层单位的界线层型选在一个不整合面上可能是最糟的选择，这不但不能代表一个精确的时间点，而且还有横向穿时的可能性"。同时指出"许多造山运动的持续时间相当长，其性质是地方性而不是世界性，与传统的系界和统界又缺乏一致性以及严格鉴别它们的困难性，使得它们不能成为世界性年代地层对比的令人满意的标志"。并认为这是"一个传统的，但目前已被抛弃的观念"。

不整合是岩体之间的一个侵蚀面，代表地层序列中一个重要的间断和缺失。不整合是由于不整合之下的岩石经历地表或水下暴露，遭受剥蚀，而缺失一部分较老岩石所致。不整合

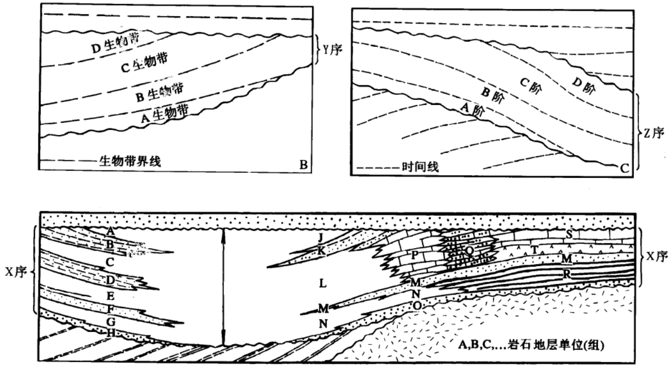


图1-2 不整合界定单位与其所包括的其他类型地层单位之间的关系

（引自《国际地层指南》，1994修改版）

不整合界定单位可以包括数目不等的其他类型地层单位：岩石地层单位（A），生物地层单位（B）等，年代地层单位（C）等。不整合界定单位的界线，与其包括的地层单位的界线可以平行，更常见的是呈角度相交

或假整合作为地层界线在时间上是不连续的，它标志着岩石、生物和其他地质现象的自然间断。用现代地层学观点来看，划分地层界线应该基于两个要素：一是具有可以识别的地质事件；二是证明不同地点的同一事件的同时性。不整合或假整合在野外易于识别，但在多数情况下是穿时的(图 1—2)。目前，地层学家们都把地层连续，避开间断作为识别、划分界线的原则。如杨遵仪等(1981)在研究我国南方二叠系与三叠系界线时就指出，目前界线层型的建立是地层学中的主要课题，而地层连续是界线层型的必要条件，所以寻找连续地层剖面成为地层学家划分地质界线时十分关心的问题。塔里木西南地区吐依洛克组和阿尔塔什组之间的不整合和假整合的时间间断十分明显，这是由于每一个剖面所处的具体构造位置不同而造成的。它反映在横向对比上必然存在时间上的不一致性，不能满足具有等时性的界线的要求，值得商榷和重新评价。

二、现代地层学对界线划分的理解与实践

地层学自产生的 300 余年以来，一直处在不断探索、发展之中。作为一门科学，它一方面将已成熟的概念和理论来规范全球地学工作者对地层科学的理解和统一思想；另一方面又处于动态之中，随着科学的发展，尤其是新技术、新方法的应用，使之获得了革命性的发展和全新的概念。地层学已不再局限于地层的简单划分对比，而是信息量丰富、应用范围广泛的学科。近年来，人类对自己的未来和环境问题的关注，引发了众多新学科的诞生。同时，人类将上下求索，这就激发而且强有力地促进了人们对地球历史一系列大规模的突发性事件的研究，它调动了人们的想像力和探索一些观察、研究地球历史的新视角和新观念。多重地层学和综合地层学的概念是这种思潮在地层学中的具体反映。地学家们已从多视角、多元化的思维来重新评价地球历史的发展，从这凝固了的地质历史物质记录中获得更大的信息量。

近 20 年来，地层学家们在研究划分界线问题时，尤其是界与界、系与系之间的界线，引入了事件地层学的概念。这是一个新兴的地层学领域，在 20 世纪 80 年代得到迅速发展。它从综合的角度、多学科联合的角度，探索地层演化的内、外动力问题。目前，它着重在两方面开展事件研究：一是对各种地质事件，尤其是对宇宙撞击事件进行探索论证；二是从事件地层学角度对重大地质界线加以研究。它在确定地层界线、地层对比、盆地分析、区测找矿、重建古地理、研究生物演化和地球发展历史等方面，显示出巨大的潜力。它有希望在传统地质学难以解释和解决的一些重大地质问题上发挥重要作用。

可以说，事件地层界线是事件地层学的核心(徐道一，1989)，在解决大的地质界线上具有得天独厚的作用。事件界线是由地质事件造成的一种地层界线，它具有反映地质事件的特殊沉积标志，使它成为岩系中独特的自然分界面。它代表无机界和有机界演变过程的变革点。关于事件界线的概念及产生的背景，国内外已有许多论著专门进行讨论和研究，本文在此不一一列举。

白垩系与第三系界线是全球证据较多的一条事件界线(图 1—3)。两系之交的外星撞击假说为界线研究开辟了新方向。

根据徐道一(1989)的研究，事件地层界线有以下几个特点：

(1)有显著的自然界面。可以无沉积间断，通过生物突然绝灭或沉积特征突变显示有一界面。外星撞击、火山喷发及冰川作用等造成的界线，可具多种特征。例如白垩系—第三系事件界线、华南二叠系—三叠系事件界线。

(2)有独特的物质记录。常形成独特的“事件沉积层”，如火山凝灰岩、界线粘土层、黑色页岩、冰碛岩及风暴岩等；界线粘土的结构构造及成分特殊，铱等稀有元素含量明显增高，有

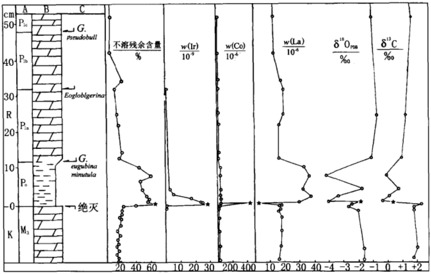


图1－3 白垩系与第三系界线的各种突变现象

（据Smit，1982）

A－生物带，B－岩性柱，C－浮游有孔虫事件

时含玄武岩质小球粒，这些事件沉积层代表某种地质事件或共生的几种事件的产物。

(3)古生物群在界线附近突然大量绝灭。绝灭现象常波及不同门类、不同生态的生物。在界线之上则出现新生的生物群。显生宙所有事件界线是根据生物绝灭现象提出来后，通过综合研究加以论证的。

(4)侧向延伸相当稳定，在较大区域内以及全球范围内可以追索对比。其分布范围大小取决于事件的类型及事件的规模，以及保存等因素。

事件界线排除了许多人为的干扰和约定俗成，强调发生突变的地质事实，因而具有自然界线的性质。目前国内外对事件的讨论和研究成果不断增加，普遍集中在中、新生界，古、中生界，前寒武系与古生界等三大界线上，并取得了可喜的成果。我国除了在上述三大界线上的研究之外，还进行了某些统与统、阶与阶之间更小一级年代地层单位之间的界线工作。

寻求和论证全球以及大区域内等时事件界线或自然界线，提供大范围内地层对比的工具，是事件地层学的一个主攻目标。宇宙事件造成的界线最可能全球等时，最能充当这一工具。因此，界线层中铱等稀有元素的异常的测定就成了问题的关键。同时对由天外事件造成的地内各种地质现象的异常研究也是不可忽视的工作。综合各种因素，挖掘地层所能提供的各种有机、无机信息，事件地层界线的研究将取得更大的发展。

事件界线的确定包含了对传统地质思想和理论的深刻反思，这主要是新灾变观、对立统一论和把地球放在太阳系这一大空间来研究和思考，强调地外地质营力同地内营力同等重要等新潮思想对传统观念的冲击和影响。因此，当我们进行本区内白垩系与第三系界线研究的时候要吸收现代地质学新鲜的、有用的观念，对原有的划分方案进行必要的修改和厘定，使之更接近自然界线的水准。

第二章　白垩系与第三系界线地层的主要剖面

界线地层剖面的选择至关重要。根据古生物化石及有关地球化学资料，塔里木盆地西南地区自早白垩世巴列姆期特提斯海即已侵进，其中的海相遗迹化石与原定为陆相地层的英国韦尔登层可以对比(郭宪璞，1990)。晚白垩世赛诺曼期之后特提斯海水大举侵进塔里木盆地这已成为尽人皆知的事实。由于构造背景的复杂性造成了本区前陆盆地地貌的不均一性，目前关于海水侵入的通道和方向，有多种说法(唐天福等，1989)。主要认为海水是由中亚费尔干盆地和塔吉克盆地经阿莱依谷地进入塔里木盆地。按此推断，与上述地区距离最近的塔里木盆地最西端的斯姆哈那地区海相沉积应该最完整，海相性也应更强。带着这样一种推测，我们把重点放在了这一地区，但所观察到的事实与推测却有所出入。在斯姆哈那地区晚白垩世的库克拜组与其他地区大致相同，乌依塔克组为一套含膏类的泥岩和砂岩，从所产的以小粟虫类为主的有孔虫动物群面貌看，远不如位于阿克彻依地区同层位中含浮游有孔虫和其他钙质微孔壳类型有孔虫所反映的海相性强。阿克彻依距斯姆哈那直线距离约 100 km。斯姆哈那地区乌依塔克组之上至阿尔塔什组之间的地层全部缺失，即缺失依格孜牙组和吐依洛克组两个岩组的地层。对这种情况的解释和推测有 3 点：一是该区所处的区域构造环境发生了变化，乌依塔克组沉积之后发生了隆升而缺失上述两组地层；二是乌依塔克组之后的两个岩组沉积后被剥蚀；三是有其他海水通道进入塔里木盆地。从前文所述，斯姆哈那地区白垩系和第三系的海相性并不是最强的。

鉴于这种情况，我们对塔里木盆地西南地区海相白垩系—第三系界线剖面进行了进一步遴选分析，最后选定了天山前缘的库孜贡苏剖面和昆仑山前缘的阿克彻依剖面及阿尔塔什剖面。以库孜贡苏和阿克彻依剖面为主，其他剖面为辅。

第一节　库孜贡苏剖面

该剖面位于乌恰新县城以北 8 km，沿库孜贡苏河出露。距离喀什市 110 km。上白垩统 3 个岩组共厚约 335 m，古新统 3 个岩组共厚约 432 m。自下而上剖面描述如下。

上白垩统库克拜组 (K_2k)

第一层　灰白、棕红色细砾砂岩。砂岩以石英、长石为主，钙质胶结，疏松。砾石成分以石英岩为主。厚 2.53 m。与下伏地层呈整合接触。

第二层　棕红、紫红色泥岩、粉砂质泥岩与粉砂岩、泥质粉砂岩不等厚互层。厚 8.1 m。

第三层　紫红、棕褐色泥岩与灰白、白色石膏岩互层。石膏质不纯，含泥质不均，纤维状，风化后呈粉末状。厚 19.63 m。

第四层　灰黄色泥灰岩夹灰绿、黄灰色泥岩薄层。泥灰岩中泥质含量不均，层面呈蜂窝状风化。含双壳类化石：*Pycnodonte* (*P.*) *vesicularis*，*Rhynchostrean suborbiculatum*，*Plicatula*

betnensis，*Aporrhais*（*Heilicaulax*）sp. 等。厚 5.68 m。

第五层 灰绿、灰黑色泥岩，粉砂质泥岩。泥岩质纯，部分页理发育，呈页片状，易风化。中部夹灰黄色生物介壳灰岩，介壳主要为大量双壳类碎片，少量保存完整。本层产有较丰富的海相化石。有孔虫：*Migros spiritensis*，*M. guttiformis*，*M. asiatica*，*M. hectori*，*M. oryzanus*，*Ammobaculites kuzgongsuensis*，*Haplophragmium trumpetifomis*，*H. planulum*，*Reophax* sp.，*Ammotium* sp.，*Cibicides* sp. 等。介形虫：*Cytherella* sp.。孢粉：*Schizaeoisporites* sp.，*S. kulandyensis*，*S. retractus*，*S. evidens*，*Polycingulatisporites radiatus*，*Taurocusporites segmentatus*，*Nevisisporites radiatus*，*Classopollis annulatus*，*Cycadopites* sp.，*Quercoidites*，*Sporopollis* sp.，*Tricolpites* sp.，*Retitricolpites* sp.，*Ephedripites* sp.，*Triletes* 等及藻类 *Cleistosphaeridiun* sp.，*Deflandria* sp.，*Granodiscus* sp.，*Leiosphaeridia* sp.。厚 32.35 m。

第六层 灰黄色生物介壳灰岩。质不纯，含泥质，介壳以双壳类碎片为主，少量保存完整。厚 2.20 m。

第七层 下部为灰绿、深灰色泥岩、页岩，局部含钙质结核。中部为灰黄、灰绿色生物介壳泥灰岩夹灰绿色泥岩薄层。泥灰岩含有丰富的双壳类等介壳碎片，少量保存完整。上部为灰黄、灰绿色厚层泥灰岩，顶部夹有灰黄、灰绿色泥岩薄层。该层含有较为丰富的海相化石。有孔虫：*Ammobaculites pacalis*，*A. obscurus*，*A. subplanatus*，*A. kuzgongsuensis*，*A. bergquisti*，*A. albertensis*，*Migros asiatica*，*M. oryzanus*，*M. guttiformis*，*Reophox woodbinensis*，*Yuanaia* spiritensis，*Y. xinjiangensis*，*Y. pentangula*，*Y. ovata*，*Y. altilis*，*Talimuella merosa*，*T. columella*，*T. irregulata*，*T. valentula*，*T. depressisutura* 及 *Migros hectori* 等。介形虫：*Clithrocytheridea* cf. *schcoeveri*，*C.* sp.，*Traehyleberis* aff. *scabra*，*Loxoconcha* sp. 等。双壳类：*Rhynchostrean suborbiculatum*，*Pycnodonte*（*P.*）*pitcheri tuncumcarii*，*Ostrea rouvilei*，*O. oxiana*，*Modiolus kuzgongsuensis*，*M. wuqiaensis*，*M. turkestanensis* var. *minor*，*Plicatula*? sp.，*Lima* sp. 等。厚 31.15 m。

第八层 灰绿、灰红色泥岩、页岩夹灰绿色含铜泥晶灰岩薄层。泥岩质纯，节理发育、性脆，易风化。含铜泥晶灰岩由泥晶方解石和部分泥质组成，具含铜斑块，色调新鲜，呈条带状。上部为黄灰色厚层状泥灰岩。泥灰岩中含粉砂和方解石脉，色调不均匀，黄灰、棕红色互相侵染，风化后似球状。泥岩中含有较多的海相化石。有孔虫较下伏层位减少，有 *Migros oryzanus*，*M. guttiformis*，*M. asiatica*，*Nonion* sp.，*Cibicides* sp. 等。孢粉有 *Schizaeoisporites kulandyensis*，*S. evidens*，*Senegalosporites minor*，*Classopollis annulatus*，*C. classoides*，*Cycadopites* sp.，*Bennettiteaepollenites* sp.，*Exesipollenites*（?）sp.，*Inaperturopollenites* sp.，*Ephedripites* sp.，*Liliacidites* sp.，*Quercoidetes* sp.，*Tricolpites* sp.，*Sporopollis* sp. 等。厚 18.34 m。

第九层 棕红、暗棕红色泥岩夹浅灰黄色泥灰岩，顶部为灰绿色长石粗砂岩。厚 4.62 m。

乌依塔克组（K_2w）

第十层 棕红色泥岩、膏泥岩夹浅灰黄色泥灰岩薄层。底部有 30 cm 厚的浅灰绿色含砾粗砂岩、砾状砂岩。砾状砂岩以变质岩屑为主要成分，石膏质胶结，疏松，易风化。与下伏地层呈整合接触。厚 10.5 m。

第十一层 棕红色泥岩、膏泥岩夹灰绿色泥质石膏岩，泥岩质不纯，含石膏，呈团块状，色调不均匀，呈灰绿、棕红色条带。厚 7.42 m。

第十二层 浅灰棕色中厚层长石石英细砂岩夹棕红色泥岩。底部为灰绿色砂砾岩。砾石成分以变质岩为主，砾径一般 2～3 cm，大者 5 cm，分选差、棱角状，灰质、石膏质胶结，疏松，易

风化。厚 7.78 m。

第十三层　棕褐、灰绿、深灰绿色泥岩夹浅灰绿色含砾长石细砂岩薄层。砂岩成分以长石、石英为主，含变质岩、石英岩细砾，泥质或灰质胶结，较疏松，泥岩含灰质结核，色调不均匀。含有孔虫：*Ammobaculites* sp.，*Haplophragmium planulum*，*H.* spp.。厚 18.93 m。

第十四层　灰白、白色粉末状石膏岩与紫灰、褐红、棕红、灰绿色泥岩不规则互层，底部有约 20 cm 厚的浅灰黄色泥质灰岩。厚 13.81 m。

第十五层　下部为棕红、棕褐、灰绿等杂色泥岩、粉砂质泥岩。中部被覆盖。上部为棕红、黄红色膏质砂岩、白色石膏岩夹灰紫、褐紫色泥岩薄层。厚 103.62 m。

第十六层　灰绿、深灰绿、灰紫色等杂色泥岩。质较纯，含石膏脉，部分页理发育，呈页片状。见有孔虫：*Ammobaculites* sp.。厚 8.41 m。

第十七层　棕红色膏质泥岩和浅棕红色泥质石膏岩。厚 4.07 m。

第十八层　棕红色膏质粉砂岩及膏质细砂岩。厚 6.61 m。

第十九层　棕红、浅黄棕色厚层砂泥质石膏岩。局部石膏较纯，白色，松软、易风化。厚 3.23 m。

第二十层　下部、中部为棕褐色膏质泥岩、泥灰岩夹膏质砂岩。泥灰岩质不纯并含石膏脉和粉砂，较致密。上部为棕红色膏质泥岩、膏质粉砂岩。厚 14.80 m。

依格孜牙组（K_2y）

第二十一层　灰褐、灰黄色厚层—块状泥晶灰岩，主要矿物为方解石，其他成分有石英、石英岩和硅质岩碎屑等约占 10%左右。溶孔发育，大小不等，含有方解石细脉，岩性致密坚硬。厚 4.60 m。与下伏地层整合接触。

第二十二层　褐红色泥岩、膏质泥岩与棕红色泥质粉砂岩略等厚互层。下部夹浅黄色膏质长石细砂岩。厚 5.49 m。

第二十三层　浅黄、灰红色含藻类生物灰岩。灰岩不纯，含泥质和粉砂。厚 3.92 m。

第二十四层　灰红、棕红色泥质粉砂岩，泥岩夹膏质粉砂岩和灰绿色砂质泥岩。粉砂岩以长石、石英为主。易风化，含钙质结核。厚 15.78 m。

第二十五层　灰红、棕褐色厚层泥质灰岩。灰岩中含海相双壳类和藻类化石。厚 3.75 m。

古新统吐依洛克组（E_1t）

第二十六层　棕红、杂色膏质泥岩为主夹白色石膏。下部含约 18 cm 厚的灰绿色钙质泥岩和灰绿色泥质团块。厚 8.36 m。与下伏地层整合接触。

第二十七层　灰绿色钙质砂岩和泥灰岩。砂岩主要成分为长石、石英和岩屑，钙质或膏质胶结，致密。泥灰岩质不纯，泥质分布不均匀。本层含有保存欠佳的有孔虫化石，经鉴定主要有 *Cibicides mammillatus*，*C. cantti*，*C. relizensis*，*Cibicidoides succedens*，*C.* sp.，*Melonis* sp.，*Anomalina* sp. 和 *Florilus* sp. 等。介形虫 *Paracypris contracta*，*Paracyprideis similis*，*Eopaijenborchella* sp.，*Loxoconcha gabbia*，*L.* sp.，*Novecypris* cf. *whiteliffensis* 等。厚 1.45 m。

第二十八层　棕红色膏泥岩、泥岩夹厚层白色石膏。厚 7.96 m。

第二十九层　棕红色泥岩、膏质泥岩夹有 20 cm 厚的灰绿、灰黑色泥岩。厚 28.63 m。

第三十层　下部为棕红色膏泥岩、泥岩夹黑色、灰黑色泥岩团块。中部为白色厚层—块状膏岩。上部为棕红色泥岩、泥岩夹灰绿色泥岩薄层。厚 20.11 m。

阿尔塔什组（E_1a）

第三十一层　白色块状石膏，顶部为厚 10 cm 的白云岩，产有孔虫 *Quinqueloculina* sp.。介形虫

Cytheridea hashiensis。孢粉 *Deltoidospora regularis*，*Schizaeoisporites laavigetaeformis*，*Nevisisportes radiatus*，*Classopollis annulatus*，*C. classoides*，*Ephedripites* sp.，*Quercoidites minor*，*Ulmipollenites* sp.，*Celtispollenites* sp.，*Euphorbiacidites* sp.，*Cupuliferoipollenites* sp.，*Interpollis* sp.，*Betulaceoipollenites* sp.，*Rhoipites* sp.，*Ilexpollenites* sp.，*Ulmoideipites tricestatus*，*Trudopollis pertrudens*，*Nudopollis* sp.，*Tricolporopollenites* sp.，*Triporopollenites* sp.，*T. nactonodus*。厚 20.96 m。与下伏地层呈整合接触。

第三十二层 白色块状石膏，顶部为灰绿色粉砂质泥岩，下部夹膏泥岩。厚 22.19 m。

第三十三层 白色块状石膏，顶部有厚为 29 cm 的灰色泥晶团粒含膏泥质白云岩，底部有厚为 70 cm 的灰色细粉晶白云岩。厚 17.87 m。

第三十四层 白色块状石膏，下部夹灰绿色泥岩薄层。厚 28.02 m。

第三十五层 灰绿色膏泥岩和灰色泥晶白云岩。厚 2.21 m。

第三十六层 白色块状石膏。厚 7.69 m。

第三十七层 灰色细粉晶砂屑白云岩。厚 2.11 m。

第三十八层 白色块状石膏。厚 6.94 m。

第三十九层 白色块状石膏。底部有厚为 30 cm 左右的泥晶白云岩。厚 6.23 m。

第四十层 白色块状石膏。底部有厚为 10 cm 左右的灰色泥晶砂屑含泥质灰岩。厚 6.03 m。

第四十一层 白色块状石膏。顶部有厚为 45 cm 的灰色泥—粉晶白云岩。底部 16 cm 为灰色泥—粉晶团粒白云岩。厚 12.09 m。

第四十二层 白色块状石膏。顶部有厚为 15 cm 的灰色细粉晶白云岩。厚 6.23 m。

第四十三层 白色块状石膏。顶部有厚为 86 cm 的细粉晶砂屑白云岩，含双壳类化石。厚 18.54 m。

第四十四层 白色块状石膏。厚 8.0 m。

第四十五层 白色厚层—块状石膏。底部有厚为 33 cm 的泥晶藻屑灰岩，含双壳类 *Brachydontes* sp.，*B. jeremejewi*，*Cordium* sp.；腹足类 *Potamiaes* sp.，*P.? ramanowskyi*，*Natica* sp.。厚 6.52 m。

第四十六层 白色块状石膏。底部有厚为 25 cm 的泥晶白云岩，含双壳类 *Corbula* (*Cuneocorbula*) *asiatica*，*C.* (*C.*) *angulata*。厚 5.94 m。

第四十七层 白色块状石膏。顶部有厚为 46 cm 的细粉晶白云岩。底部有厚为 33 cm 的白云岩。厚 22.32 m。

第四十八层 白色厚层—块状石膏。顶部有厚为 1.27 m 的泥晶膏质白云岩。厚 20.4 m。

第四十九层 白色石膏。顶部有厚为 14 cm 的粉晶泥晶白云岩。厚 6.13 m。

第五十层 白色块状石膏。顶部有厚为 10 cm 的粉晶泥晶白云岩。厚 6.09 m。

第五十一层 白色块状石膏。厚 13.96 m。

第五十二层 灰黄色灰岩，质不纯含泥质和铁质结核，层位较为稳定。厚 6.50 m。

齐姆根组（E_1q）

第五十三层 灰绿、深绿灰、灰黑色泥岩夹浅灰黄色生物介壳灰岩。泥岩较纯，含钙质。含有丰富的海相生物化石。有孔虫化石丰富，可分为 3 个层位，底部有 *Spiroplectammina monetalis*，*S. esnaensis*，*S. adamsi*，*S.* cf. *desertorum*，*S. ypsila*，*Textularia midwayana*，*T. partschii*，*T. farafraensis*，*T. halkyardi*，*Miliammina sproulei*，*Cibicides cantti*，*Cibicidoides suzakensis*，*C. succedens*，*Anomalina samnnica*，*A. mantaensis*，*Bulimmina ovata*，*Pullenia quiqueliba*，*Lagena stutzeri*，*L. kuzgongsuen-*

sis, *Globigerina triloculinoides*, *Nonion sublaeve*, *Globulina aequalis*, *Ammodiscus glabratus*, *A. peruvianus*, *Ammobaculites viaensis*, *Karreria fallex*; 中部有: *Lagenammina guttulata*, *L. alexanderi*, *L.* cf. *laguncula*, *Haplophragmoides bonanzaensis*, *H. laciniocus*, *Reophax imitator*, *R. bilocularis*, *Miliammina sproulei*, *Ammobaculites* cf. *subplanatus*, *A. kangsuensis*, *Spiroplectammina* cf. *desertorum*, *S. ypsila*, *S. monatalis*, *Globigerina triloculinoides*, *Nonion laevis*; 上部有: *Globigerina triloculinoides*, *G. varianta*, *G. fringa*, *Globorotalia angulata*, *G. pseudobullatus*, *G. conicotruncata*, *G. compressa*, *Cibicides praeventratumidus*, *Nonion sublaeve*, *Discorbis bullatus*, *D. obvelatus*, *D. distinctus*, *D. astrerocides*, *D. placoides*, *D. subquatus*, *D. tuberculatus*, *D.* spp., *Anomalina simplex*, *A. bandyi*, *A. luxorensis*, *A. mantaensis*, *A.* spp., *Loxostomoides applinae*, *Cancris segmentalis*, *C. ovalis*, *Fursenkoina capreolata*, *Nonionella*, cf. *ovata*, *Nonionellina remiformis*, *N. pizarensis*, *Karreria arcana* 等。双壳类 *Ostrea* (*O.*) *bellovacina*, *Pycnodonte* (*P.*) *camelus*, *Flemingostrea*? *hemiglobosa*, "*Gryphara* (*G.*)"*smirrowi*, *Ostrea delta*, *Pycnodonte* (*P.*) *comelus javainica*, *Panopea* sp. 等。孢粉 *Cyathidites* sp., *Gleichniidites* sp., *Polypodiaceoisporites* sp., *Deltodospora* sp., *Classopollis* sp., *Pinuspollenites* sp., *Piceaepollenites* sp., *Cedripites* sp., *Parcisporites* sp., *Ephedripites* sp., *Podocarpidites* sp., *Ulmoideipites* sp., *U. tricostatus*, *Quercoidites asper*, *Nanlingpollis* sp., *Phoipites dolium*, *Interpollis* sp., *Cupuliferoipollenites oviformis*, *Triatriopollenites* sp., *Myrtaceidites* sp., *Cyrillaceaepollenites* sp., *Momipites* sp., *Euphorbiacites* sp. 等。介形虫 *Echinocythereis isabenana*, *E. aragonensis*, *Pontocypris micans*, *Eocytheropteron extensa*, *Hermanites* sp., *Haplocytheridea montgomeryensis*, *Quaderacythere radizea*, *Cytheridea pernota*, *Cytherella jonesiana*, *C.* sp., *Schuleridea perforata*, *Paijenborchella eocaenica*, *Cytherura* sp., *Monoceratina* sp., *Costa minuta*, *Eocytheropteron* sp., *Pterygocythereis* sp., *Cytheropteron* sp., *Clithrocythericlea appencliculata*, *Clitonro lerichei oertli*, *Haplocytheridea helvetica* 等。沟鞭藻 *Cordosphaeridium furcans*, *Deflandrea* sp., *Cerodinium diebelii*, *Achonrosphaera alcicornu*, *Laciniadinium minutum*, *Damassadinium californicum*, *Apectodinium homomorphum* 等。颗石藻 *Prinsius biculcus*, *Chiasmolithus danicus*, *Meliolithus riedelii*, *Discoaster multriadiatus* 等,以及棘皮动物、鲨鱼牙、虫管等。厚 58.06 m。与下伏地层呈整合接触。

第五十四层　灰绿、深灰绿色泥岩夹灰绿色生物介壳灰岩薄层。泥岩较纯,含钙质及较完整的双壳类化石,细腻、具滑感,松软,易风化。生物介壳灰岩主要由生物碎屑组成,次为泥晶方解石,生物碎片主要为双壳类、腕足类,其次有介形类、有孔虫、藻类及海胆等。还有粉砂级的石英、石英岩等陆源物质及海绿石,致密坚硬。本层含有较丰富的海相生物化石,计有孔虫 *Nonionellina remiformis*, *N. pizarrensis*, *N. frankei*, *Anomalina luxovensis*, *A. bandyi*, *Cibicidoides succedens*, *Pararotalia compressa*, *P. ishamae*, *P. calvezae*, *Astrerigerina indica*, *Asterigerina bartoniana*, *Pullenia quinqueloba*, *Nonion laevis*, *Globorotalia angulata*, *Heterolepa symmentrica*, *Quinqueloculina orbicalata*, *Globigerina fringa*, *Quadrimorphina wulukequiatensis*, *Marginulina arcuata*, *Cibicides* sp., *Triloculina* sp. 等。介形虫 *Echinocythereis* cf. *isabenana*, *Cytheridea ruginoformis*, *Eocytheropteron kalickyi*, *Neocyprideis galba*

等。孢粉 *Schizaeoisporites* sp., *Osmundacidites* sp., *Ephedripites* (*Distachyapites*) *palaeocenicus*, *E.* (*D.*) *fusiformis*, *E.* (*D.*) *trinatus*, *E.* (*D.*) *eocenipites*, *Parcisporites* sp., *Nudopollis thiergarti*, *N. terminalis*, *Oculapollis* sp., *Quercoidites* sp., *Q. minor*, *Cupuliferoipollenites pusillus*, *Pentapollenites* sp., *Ulmipollenites* sp., *Triatriopollenites excelsus*, *T. concavus*, *T. rurensis*, *Betulaceoipollenites* sp., *Alnipollenites* sp., *Rutaceoipollenites* sp., *Fraxinoipollenites* sp., *Momipites* sp. 等。沟鞭藻 *Cordosphaeridium inodes*, *Rhombodinium draco*, *Muratodinium fimbriatum*, *Thalassiphora flammea* 等。厚 42.77 m。

第五十五层 中下部为灰黄、灰绿色厚层灰岩、泥灰岩夹深灰色泥岩薄层，底部为灰黄色层状介壳灰岩。上部为厚层状介壳灰岩，致密。厚 6.50 m。

第五十六层 灰黄色厚层状泥灰岩。泥质含量不均，含生物碎片，节理发育，风化后成方块状，层位稳定。厚 4.84 m。

第二节 阿克彻依剖面

阿克彻依剖面位于喀什市西部约 200 km，地处西昆仑弧向东南延伸的转折处。阿克彻依属乌恰县别列托开依乡的一个自然村落。由喀什市出发经疏附县乌泊尔乡可直接抵达。该区白垩纪—老第三纪地层发育，尤其是上白垩统的 3 个岩相发育良好，海相性强，从目前发现的海相化石的丰度、多样度情况看，乌依塔克组和依格孜牙组的发育程度比这两个组命名剖面要好得多，依格孜牙组厚约 150 m，为全区之冠，其中化石丰富。乌依塔克组有孔虫化石之丰富，为全区之首。因此，许多地层学家都把该剖面视为标准剖面（雍天寿，1984）。现将上白垩统和古新统自下而上分述如下。

上白垩统库克拜组（K_2k）

第一层 灰绿、灰白色含砾细砂岩。砾石以石英、石英岩为主，砾径 1～2 cm。砂岩为长石石英砂岩，泥质胶结。厚 2.56 m。与下伏地层呈整合接触。

第二层 灰绿、棕红、暗紫色泥岩、粉砂岩、膏质泥岩夹膏化砂质白云岩。厚 43.85 m。

第三层 浅灰、灰黄色薄层—中厚层状生物碎屑泥晶灰岩。生物碎屑为有孔虫、腕足类、双壳类、介形虫、苔藓虫和钙藻等，含有孔虫 *Quinqueloculina* sp. 等；介形虫 *Cytherella regularis*, *C.* sp., *Bythocypris* sp., *Cytheridea* sp., *Xestoleberis*? sp. 等。厚 18.62 m。

第四层 灰绿、灰黑色泥岩夹数层生物碎屑灰岩、泥灰岩。生物碎屑为有孔虫、双壳类、苔藓虫、棘皮类，腕足类，腹足类等。海相化石丰富。有孔虫：*Migros spiritensis*, *M. guttiformis*, *M. asiatica*, *M. oryzanus*, *Ammobaculites pacalis*, *A. albertensis*, *Talimuella merosa*, *T. columella*, *Yaunaia spiritensis*, *Y. xinjiangensis*, *Ammotium* sp., *Haplophragmoides* sp., *Ammomarginulina* sp., *Reophax* sp. 和 *Discorbis* sp. 等。介形虫 *Cytherella reglaris*, *C.* aff. *plana*, *Schuleridea oviformis*, *S. ampulla*, *Cytherides* sp., *Bythocypris* sp. 等。双壳类 *Ostrea axiana*, *O. rouvillai*, *Exogyra* (*Costagyra*) *olisiponensis*, *Rhynchostrean suborbiculatnm*, *Pycnodonte* (*Phygraea*) *pecheri tucumcani*, *P.* (*P.*) *vesicularis*, *P.* (*P.*) *costei*, *Trigonarca passyana*, *Pinna* sp.。颗石藻 *Calculites* sp., *Grantarhabdus* sp., *Zeugrhabdulus* spp., *Glaukolithus* sp., *Scapholithus* sp., *Rhagodiscus* sp., *Tetralithus* spp., *Rucinolithus* sp.,

Quadrum gartneri, *Q. gothicum*, *Hexalithus* sp., *Nannoconus* sp., *Zygodiscus diplogrammus*, *Lithastrinus floralis* 等。孢粉 *Cyathidites minor*, *Schizaeoisporites evidens*, *S. kulandyensis*, *S. laevigataeformis*, *S. longus*, *S. certus*, *Cycadopites elongatus*, *Myrtaceidites* sp., *Tricolpites vulgaris*, *Lygodioisporites* spp., *Hiliosporites* spp., *Podocarpidites* spp., *Gabonisporis* spp., *Tricolporopollenites* 等。厚 39.64 m。

第五层　灰—浅灰色中厚层含生物碎屑灰岩。厚 12.57 m。

第六层　灰绿、深灰色泥岩与薄层—中厚层生物碎屑灰岩不等厚互层。顶部为灰色灰岩和生物碎屑灰岩。海相化石丰富。有孔虫 *Hedbergella cretacea*, *H. planispira*, *H. quadrata*, *Guembelitria cenomana*, *Discorbis vescus*, *Anomalina luxorensis*, *Nonionella insecta*, *N. leonardos*, *N. marricensis*, *N. minutissina*, *Migros oryzanus*, *M. lobatulus* 及 *Cibicides* sp., *Cancris* sp., *Lagena* sp., *Melonis* sp., *Pullinia* sp. 等。双壳类 *Exogyra ostracina*, *Ostrea axiana*, *Rhynchostrea suborbiculatum*, *Trigonarca* sp. 等。颗石藻 *Calculites* spp., *Rhagodiscus* spp., *Tetralithus* spp., *Quadrum gartneri*, *Lithastrinus floralis*, *Braarudosphaera bigelowii*, *Eiffellithus turriseiffeli*, *Watznaueria barnesae*, *Prediscosphaera cretacea*, *Gartnerago castatum*, *Parhabdolithus splendens*, *Lucianorhabdus cayeuxii* 等。孢粉 *Cyathidites minor*, *Schizaeoisporites evidens*, *S. kulandyensis*, *S. laevigataformis*, *S. longus*, *S. certus*, *S. brevis*, *S. minor*, *S. minutaestriatus*, *S.* sp., *Cyclogranisporites* sp., *Apicularisporis* sp., *Foraminisporis wonthaggiensis*, *Cycadopites elongatus*, *C.* sp., *Psophosphera* sp., *Ephedripites* (*E.*) *rodundus*, *E.* (*E.*) *ovalis*, *Inaperturpollenites* sp., *Myrtaceidites* sp., *Latipolis normis*, *L. subtilis*, *L.* sp., *Tricolpites vulgaris*, *T.* sp., *Cyathidites minor*, *Deltoidospora* spp., *Gleicheniidites senonicus*, *Undulatisporites* spp., *Lygodiumsporites subsimplex*, *Lygodioisporites* spp., *Trilobosporites* spp., *Cicatricosisporites minutaestriatus*, *Cingulatisporites* spp., *Polycingulatisporites* spp., *Seductisporites* spp., *Zlivisporites* spp., *Interulobites minor*, *I. triangularis*, *Taurocusporites segmentatus*, *Trisolissporitos* spp., *Nevesisporites radiatus*, *Hiliosporites* spp., *Gabonisporis* spp., *Senegalosporites* spp., *Podocarpidites* spp., *Araucariacites* spp., *Classopollis annulatus*, *Retitricolpites* spp., *Cranwellia striata*, *Tricolporopollenites* sp. 等。厚 35.06 m。

乌依塔克组（K_2w）

第六层　灰绿、灰黄色膏泥岩。底部为土黄色膏泥岩。中部夹灰黑色页片状泥岩和薄层灰岩。泥岩中见有保存不佳的介形虫和腹足类化石。厚 7.10 m。与下伏地层呈整合接触。

第七层　棕红、灰绿、灰黑色膏泥岩夹泥岩。产有孢粉 *Todisporites* sp., *Deltoidospora* sp., *Schizaeoisporites kulandyensis*, *S. longus*, *S. laewigstaformis*, *S. costalis*, *S. certus*, *S. brevis*, *S. fortis*, *S. cretaceus*, *S. minor*, *S. minutaestriatus*, *S.* sp., *Senegalosporites cretaceus*, *Verrucosisporites* sp., *Nevesisporites tadiatus*, *Cycadopites elongatus*, *C.* sp., *Ephedripites* (*E.*) sp., *Jugela costaliferous*, *Tricolpites vulgaris*, *Tricolpopollenites* sp., *T.* sp. 等。厚 13.5 m。

第八层　绿色、灰绿、深灰色泥岩、生物碎屑灰岩、灰岩。海相化石丰富，有双壳类、介形虫、海百合、海胆、腕足类、腹足类、有孔虫、沟鞭藻、颗石藻、孢粉等。双壳类 *Exogyra* cf. *turkstanensis*, *O. rouvillei*。介形虫 *Cytheridea* sp., *Cytherella gregaria*, *Centrocythere*

sp.，*C. civcincostata*。孢粉 *Cyathidites minor*，*Deltoidospora* sp.，*Schizaeoisporites kulandyensis*，*S. longus*，*S. certus*，*S. minor*，*S.* sp.，*Senegaloporites cretaceus*，*Apiculatisporites* sp. 等。颗石藻 *Calculites* sp.，*Ellipsagelosphaera* sp.，*Chiastozygus litterarius*，*C. striatus*，*Staurolithites* sp.，*Tranolithus phacelosus*，*Rhagodiscus* spp.，*Eiffelithus eximius*，*Biscutum* sp.，*Watznaueria barnesae*，*Arkhangelskiella* sp.，*Cyclagelosphaera* sp.，*C. margerelii*，*Pervilithus* sp.，*Tetralithus* spp.，*Rucinolithus* spp.，*Quadrum gartneri*，*Q. gothicum*，*Micula* spp.，*Hexalithus* sp.，*Braarudosphaera turbinea*，*B. bigelowii*，*B.* cf. *discula*，*Eprolithus floralis*，*E.* sp.，*Nannoconus* sp. 等。颗石藻在本组的丰富度超过了下伏库克拜组。有孔虫在本层分布可明显地分出三个序列，下部产胶结壳类型 *Migros guttiformis* 和 *Ammobaculites* sp.。中部产钙质微孔壳类型 *Pararotalia quinquepartita*，*P.* sp.，*Nonionella austinana*，*N. robusta*，*N. reussana*，*N. warburgi*，*Nonionellina cretacea*，*N. arkcheyiensis*，*Cibicides biumbonalis*，*C. padelia*，*C. obiraensis*，*Cibicidina californica* 等。似瓷质壳类型 *Quinqueloculina simplex*，*Q. coonensis*，*Q. obliquecamerata*，*Q. alabamensis*，*Q. nucleiformis*，*Triloculina* cf. *alabamensis*，*T. consobrina*，*Massilina levigata*，*M. planoconvexa*，*M. rotumdana*，*M. pratti*，*M. pseudoclara*，*M. quadrilatera*，*M. tenuissina*，*Miliolinella* sp.，*Spiroloculina* sp. 等；胶结壳类型 *Ammodiscus* sp.，*Migros* sp. 等。还产浮游有孔虫 *Hedbergella holmdelensis*，*H. lata*，*Guembilitria cretacea*，*Conoglobigerina kellert*，*Heterohelix* sp. 等。上部产似瓷质壳类型 *Quinqueloculina simplex*，*Q. rostrata*，*Q.* sp.，*Massilina navicularia*，*M. pratti*，*M. quadrilatera*，*Triloculina concobrina* 等。厚 48.8 m。

第九层　灰绿色膏泥岩、棕红色泥岩夹灰绿色泥质团块。厚 27.6 m。

依格孜牙组（K_2y）

第十层　浅灰、灰色厚层—块状生物碎屑灰岩、泥灰岩。生物碎屑主要为双壳类、腹足类。灰岩中含砂砾屑，部分含白云质。厚 20.53 m。与下伏地层呈整合接触。

第十一层　灰绿色泥岩。厚 1.03 m。

第十二层　紫红色砂质泥岩，亮晶—微亮晶砂屑灰岩夹灰绿色泥质团块。砂质主要为长石，其次为石英和岩屑。厚 6.32 m。

第十三层　浅灰—粉红色厚层—块状生物碎屑灰岩、灰岩。灰岩中具有藻凝块和砂屑，部分含白云质。下部夹紫红色钙质泥岩。生物碎屑主要为双壳类、有孔虫、腹足类等。含有孔虫 *Nodosaria* cf. *tenuis*，*N. perpusilla*，*Glomospira* sp.，*G. charoides* var. *corona*，*Textularia informis*，*T. topagorukensis*，*Quinqueloculina moremari*，*Q. rotunda*，*Q.* sp.，*Bolivina ponda* 等。厚 17.80 m。

第十四层　粉红、棕红色厚层生物碎屑灰岩。生物碎屑主要为双壳类、腹足类等。上部为薄层白云质灰岩。厚 42.20 m。

第十五层　棕红色厚层—块状生物灰岩。灰岩中含藻屑。本层顶部灰岩中见有波痕面。双壳类化石丰富，主要是 *Sauvagesia* sp.，*Pycnodonte* (*Phyraea*) sp.，*Lima* sp. 等。有孔虫 *Phenacophragma assurgens*，*Spiroloculina fissistonata*，*Nodosaria* sp.，*Massilina hechti*，*M.* cf. *vulgaris*，*Quinqueloculina rotunda*，*Q. affinis*，*Q. newberryensis*，*Q. pygmae*，*Pseudotriloculina ovata*，*P. planula*，*P. pyrgoformis* 等。介形虫 *Neocythere* cf. *sculpta*，*Cytherella gregaria*，*Schuleridea oviformis*，*Brachycythere subalata*，*Cytheridea* sp. 等。孢粉 *Schizaeoisporites evidens*，*S. kulandyensis*，*S.*

sp., *Gabonisporites bacaricumulus*, *Punotstisporites* sp., *Undulatisporites* sp., *Leterulobites minor*, *L.* sp., *Classopollis annulata*, *Pinuspollenites* sp., *Ephedripites* (*E.*) sp., *Tricolpopollenites parvlus*, *T.* sp. 等。厚 20.30 m。

第十六层　下部棕色薄层状灰岩与灰白色中厚层灰岩不等厚互层，上部棕红色中厚层—块状泥质生物碎屑灰岩，层理发育。灰岩中均含藻屑。海相化石较为丰富。有孔虫 *Textularia informis*, *Polychasmia pawpawensis*, *Massilina texasensis*, *M.* sp., *Quinqueloculina* sp., *Nodosaria inarticulata*, *N. orthophragma*, *N.* cf. *tenuis*, *N. rigentia*, *Bolivina plaiti*, *B. decurrens* var. *parallela*, *Triloculina* sp., *Nonionella* ? sp. 等。双壳类 *Pycnodonte* (*P.*) sp., *Lima* sp., *Caprindae* 等。厚 25.60 m。

第十七层　下部棕红色厚层—块状生物灰岩。生物主要是固着蛤、有孔虫和藻类。上部棕红色薄层状生物灰岩夹中厚层灰岩、泥质灰岩，顶部为生物碎屑灰岩。厚 6.61 m。固着蛤化石丰富，以 *Biradiolites boldjuanensis*, *Osculingera xinjiangensis*, *Sauvagesia* spp. 等为主。有孔虫 *Textularia* sp., *Quinqueloculina* sp., *Pseudotriloculina* sp., *Massilina texasensis*, *M. ginginensis*, *Nodosania* sp., *Protelphidium hofkeri*, *Bolivina senonicus* var. *desnensis* 等。介形虫 *Neocythere* sp., *Brachycythere* sp., *Cythridea* sp. 等。

古新统吐依洛克组（E_1t）

第十八层　下部 2.5 m 为棕红、紫红色薄层含泥质白云岩、角砾状灰岩，灰岩中具泥裂现象和波痕构造，上部 3.8 m 为灰色、灰红色薄层含泥钙质细砂岩。砂岩成分为石英、长石等。厚 6.3 m。与下伏地层呈整合接触。

第十九层　底部有 20 cm 厚的棕红、灰红色含膏泥岩。灰紫、灰红色钙质细砂岩，砂质白云岩。厚 5.3 m。

第二十层　灰色、灰绿色纹层状泥质生物碎屑灰岩，生物碎屑主要为固着蛤、苔藓虫、介形虫碎片，磨蚀明显。中部为灰绿和棕红色相间，色调较复杂。含有较丰富的有孔虫 *Spiroplectammina densa*, *Ammodiscus angustus*, *Textularia protenta*, *Spiroloculina desertorum*, *S.* sp., *Quinqueloculina pseudovata*, *Q. ranikotensis*, *Q. carinata*, *Q. naheolensis*, *Q.* sp., *Ophtolmipora gracilis*, *Nonionella leonensis*, *Protelphidium adamsi*, *Ammobaculites* sp., *A. pseudoexpansus*, *Massilina plummerae*, *Nonion vicksburgensis*, *N.* sp., *Bolivina garretti*, *Glomospira* sp., *Nodosaria* sp. 等。厚 6.5 m。

第二十一层　下部为灰绿和棕红色相间的纹层—薄层状含生物碎屑钙质砂岩、粉砂岩，生物碎屑主要为有孔虫、介形虫、苔藓虫。砂岩主要成分为长石、石英，钙质或泥质胶结。上部灰红、棕红色纹层—薄层状含生物碎屑粉砂质泥灰岩。含较多的有孔虫 *Nonion* cf. *reculvirensis*, *Quinqueloculina carinata*, *Q.* sp., *Pseudotriloculina akcheyiensis*, *Ophthalmipora gracilis*, *Nodosaria acicula*, *Nonion*. ? sp. 等。厚 8.95 m。

阿尔塔什组（E_1a）

第二十二层　棕红、灰红色钙质骨屑砾岩及细砂岩。砂岩呈透镜体状，具斜层理。砾岩中含较多的固着蛤、苔藓虫、棘皮动物等粗碎屑构成的细砾及粗砂，并见有火山岩、砂岩和灰岩砾石。砾径为 6～10 cm，大者可达 15 cm，分选和磨圆度较差。砂岩中含固着蛤、苔藓虫、有孔虫及腹足类等骨屑砂及长石、石英等陆源碎屑。所含生物碎屑均

遭受显著磨蚀。厚 22.6 m。与下伏地层呈整合接触。

第二十三层　棕红色含砾砂岩夹红色砂砾岩层。砂岩分选不佳，主要成分为石英，胶结较疏松。砂砾岩主要含紫红、暗色砂岩，灰色、灰黑色灰岩等沉积岩砾石，其次为白色石英和少量变质岩砾石。表面有较多的生物碎屑，主要为牡蛎碎片。厚 28.53 m。

第二十四层　浅棕红、灰棕色细砂岩夹砾岩。细砂岩胶结疏松。成分以石英为主，灰棕色砂岩中含 20%～30%的暗色矿物颗粒。未见生物化石。厚 41.87 m。

齐姆根组（E_1q）

第二十五层　暗紫红色砾岩。主要为灰岩和砂岩等沉积岩砾石，少量为白色石英细砾，分选性、磨圆度较差，钙质和泥质胶结。含有双壳类化石 *Ostrea* (*O.*) *bellovacina*。厚 21.31 m。与下伏地层呈不整合接触。

第二十六层　棕红色厚层细砂岩。底部含细砾，成分以石英为主，含少许暗色矿物颗粒。钙质和泥质胶结。砂岩分选较好，以石英、长石为主要成分。未见生物化石。厚 45.85 m。

第二十七层　紫红色含钙砂质泥岩夹棕红色细砂岩、粉砂岩。厚 28.54 m。

第二十八层　紫红色细砾岩，灰绿色砂砾岩夹紫色砂质泥岩。砾石成分主要为白色、浅黄色石英，分选和磨圆度较好。该层含有 *Ostrea* (*O.*) *bellovacina* 的碎片。厚 5.88 m。

第三节　斯姆哈那剖面

该剖面位于乌恰县最西端，在克孜勒苏河南岸原老营房东。这是塔里木盆地西南地区最西端的一个剖面，历来受到人们的关注。上白垩统两个岩组（缺失依格孜牙组）厚为 307 m，古新统两个岩组（缺失吐依洛克组）厚为 206 m。自下而上分述如下。

上白垩统库克拜组（K_2k）

第一层　硬砂质长石石英细—粉砂岩与棕褐色泥质粉砂岩、粉砂质泥岩不等厚互层，底部为绿灰色中层状灰质硬砂质长石细砂岩。与下伏克孜勒苏群整合接触。厚 25.6 m。

第二层　棕褐色粉砂质泥岩与绿灰、浅灰色薄—厚层状细砂岩、粉砂岩不等厚互层，上部具一中层状石膏，底部为浅灰色块状石英细砂岩。厚 27.62 m。

第三层　棕褐、灰褐色含膏质粉砂质泥岩夹多层薄层石膏，中、下部具 3 层浅灰色薄层灰质细砂岩，底部浅灰色块状石英细砂岩。含腹足类、介形虫化石。介形虫 *Clithrocytheridea schweyeri*。厚 45.59 m。

第四层　褐灰色粉砂质泥岩夹数层中—薄层状石膏岩。顶部绿黄色泥岩，含有孔虫、腹足类、介形虫化石。有孔虫 *Ammotium manyschensis*、*Yuanaia* spp.，*Massilina* sp.。厚 16.76 m。

第五层　褐灰色块状粉晶砂屑灰岩。含有孔虫、腹足类、介形虫、棘皮动物碎屑等。有孔虫 *Quinqueloculina triangulata* 等。厚 10.61 m。

第六层　浅灰色中层状灰岩夹褐灰色厚层状灰质页岩，绿褐色中层状粉砂质泥岩。顶部中层状亮晶砂屑灰岩。含有孔虫、苔藓虫、腕足类、腹足类、双壳类、介形虫、海胆刺、藻类等化石。有孔虫 *Ammobaculites pacalis*，*Ammotium comprimatus*，*A. ovatus*，*A.* cf. *pseudoeruensus*，*Haplophragmoides colusaensis*，*Yuanaia* spp.，*Migros guttiformis*，*M. hectori*，*M. lobatulus*，*M. oryzanus*，*M. spiritensis*，*Pseudotextulariella* aff. *cretacea*，*Quinqueloculina moremani* var. *barlowensis*，*Q.* sp.，*Massilina* spp.，*Discorbis vescus* 等；腹足类：? Nerineidae 科分子。厚 26.32 m。

第七层　灰色厚层状介壳灰岩与绿褐色泥岩略等厚互层。含有孔虫、苔藓虫、腹足类、双壳类、菊石、介形虫等化石。有孔虫 *Reophax pepperensis*, *Miliammina* cf. *mjatliukae*, *M. vexativa*, *Ammobaculoides* cf. *phaulus*, *Migros asiatica*, *M. guttiformis*, *M. hectori*, *M. lobatulus*, *M. oryzanus*, *M. spiritensis*, *Discorbis vescus*, *Valvulinneria* cf. *plummerae*, *Hedbergella cretacea*, *H. planispira*, *Anomalina luxorensis*, *Gavelinella* spp.。双壳类 *Pliccatula bathensis*, *P. auressensis*。厚 9.84 m。

第八层　中下部为褐灰、黄褐色泥岩夹 2～3 层薄层状介壳岩，上部为绿黄色泥质粉砂岩。含化石丰富，主要为有孔虫、苔藓虫、腕足类、腹足类、双壳类、菊石、介形虫、海胆、鲨类牙等化石。有孔虫：*Ammodiscus planus*, *Miliammina* sp., *Ammobaculites albertensis* var. *hinesensis*, *A. simuhanaensis*, *Trochammina globosa*, *Migros guttiformis*, *M. oryzanus*, *M. spiritensis*, *Talimuella merosa*, *T. irregulata*, *Nodosaria opalini*, *Brizalina cretosa*, *Discorbis vescus*, *Cancris* spp., *Guembelitria cenomana*, *Heterohelix globulosa*, *Hedbergella cretacea*, *H. planisplra*, *Nonionella austinana*, *N. leonardosi*, *N. reussana*, *Nonionellina cretacea*, *N. minuta*, *Anomalina luxorensis*, *Gavelinella* spp. 等。双壳类 *Rhynchostrea suborbiculatum*, *Ostrea oxiana*；菊石 *Thomasites koulabicus* 等。厚 63.90 m。

乌依塔克组（K_2w）

第九层　下部为灰绿色厚层状泥灰岩，中、上部为绿灰、棕褐色膏质粉砂岩夹两层中层状石膏岩。底部为杂色中层状泥质粉砂岩，下层面波痕发育。含有孔虫、介形虫、孢粉、甲藻化石。有孔虫 *Massilina quadrilatera*, *Quinqueloculina* sp. 等。甲藻 *Kiokansium* sp., *Trithyoodinium* sp., *Spiniferites* sp.。厚 9.00 m。与下伏地层呈整合接触。

第十层　白色厚层状石膏与棕褐、绿灰色中—薄层状膏质粉砂岩、膏质泥岩、粉砂质泥岩不等厚互层。含有孔虫、介形虫化石。有孔虫 *Massilina quadrilatera*, *Quinqueloculina simplex* 等。介形虫 *Cythereis* sp., *Ovocytheridea* sp. 等。厚 15.38 m。

第十一层　含生物泥晶灰岩。含有孔虫、腹足类、双壳类、介形虫等化石。有孔虫 *Massilina planoconvexa*, *M. quadrilatera*, *M. simplex*, *Quinqueloculina simplex* 等。介形虫：*Cythereis* spp., *Bronsteiniana* sp., *Ovocytheridea* sp. 等。厚 5.90 m。

第十二层　中、下部为棕褐色中层状膏质细—粉砂岩、黄绿色中—薄层状泥质粉砂岩；上部为浅灰色石英粗—中砂岩。含腹足类、双壳类、介形虫及甲藻化石。甲藻 *Palaeohystrichophora infusorioides*, *Diconodinium* sp.。厚 10.00 m。

上白垩统依格孜牙组和古新统吐依洛克组缺失。

古新统阿尔塔什组（E_1a）

第十三层　白色块状石膏，下部夹棕褐色泥质粉砂岩，中、上部夹两层绿灰色中—薄层状粉砂质泥岩。含孢粉化石 *Classopollis* spp., *Ephedripites oblongatus*, *E. fusiformis*, *Crenopodipollis multiporatus*, *Artemisia*, *Quercoidites microhenrici*, *Graminidites* sp.，与下伏地层呈假整合接触。厚 141.02 m。

第十四层　灰白色块状粉晶砂屑灰岩。含双壳类化石 *Brachidontes jeremenjevi*, *Corbula* (*Cunecorbula*) sp., *Cardita minutula* 等。厚 9.73 m。

齐姆根组（E_1q）

第十五层　浅黄色块状含砾砂屑灰岩，经风化表面呈黄褐色蜂巢状。含有孔虫 *Quinqueloculina*

spp.，介形虫、藻类等化石。与下伏地层呈整合接触。厚 23.54 m。

第十六层　中、下部为绿灰色粉砂质泥岩，上部为灰黄色泥质粉砂岩、含砾细砂岩。含有孔虫、海胆刺、鲨鱼牙、孢粉、甲藻等化石。有孔虫 *Ammodiscus glabratus*，*Ammotium expansus*，*Textularia* sp.，*Spiroplecammina adamsi*，*S.* cf. *desertorum*，*S. knebeli*，*S. monetalis*，*Verneuilina aegytiaca*，*V.* cf. *karreri*，*Pseudonodosaria aquiensis*，*Bulimina ovata*，*Discorbis distinctus*，*Cibicides cantii*，*Globigerina triloculinoides*，*G.* sp.，*Nonionella africana*，*N.* cf *ovata*，*Nonionellina frankei*，*N. reniformis*，*Anomalina aesyptiaca*，*A. luxorensis*，*Caucasina minuta* 等。孢粉 *Parcisporites* sp.，*Pinuspollenites* sp.，*Piceaepollenites* sp.，*Abietineaepollenites* sp.，*Araucariacites* sp.，*Ephedripites* sp.，*Triatriporopollenites* sp.，*Tricolporopollenites* sp. 等。甲藻 *Spiniferites multibrevis*，*Cerodinium* speciosum，*Lejeunecysta* sp.，*Lentinia serrata* 等。厚 23.47 m。

第十七层　褐灰色粉砂质泥岩，上部砂质增多，为黄灰色泥质粉砂岩。含有孔虫化石：*Ammobaculites midwayensis*，*Textularia farafraensis*，*Globigerina triloculinoides*，*G. varianta*，*Globanomalina*? sp.，*Nonion* spp. 等。厚 3.67 m。

第十八层　灰褐色泥岩。含以下化石：有孔虫：*Ammobaculites* sp. 及孢粉和藻类 *Polypodiaceoisporites* spp.，*Ephadripites* sp.，*Tricolpopollenites* spp.，*Retitricolpites* spp.，*Retitricolporites* spp.，*Pehtapollis* sp.，*Leiosphaeridia* spp. 等。厚 2.96 m。

第十九层　下部为绿黄色含细砾石英中—细砂岩，上部为灰黄色石英细砂岩。含鲨鱼牙化石。厚 2.00 m。

第四节　阿尔塔什剖面

该剖面位于昆仑山北麓，行政区划属于喀什地区莎车县，距离莎车县约 80 km。海拔 1500 m。叶尔羌河自西流入，而后出峡谷经戈壁滩，向北注入塔里木河。白垩系—第三系不整合于古生代碳酸盐岩之上，呈北西—南东向条带状展布，自西向东，由老至新依次出露。该剖面层序自下而上介绍如下。

上白垩统库克拜组（K_2k）

第一层　灰白色石英细砂岩夹砂质泥岩。砂岩以石英为主，长石和岩屑次之，钙质或泥质胶结。偶见细砾，砾石以石英砂岩和泥岩砾石为主。与下伏地层克孜勒苏群呈整合接触。厚 17.05 m。

第二层　棕褐色砂质泥岩。厚 14.09 m

第三层　棕红、灰绿色膏泥岩、泥岩夹石膏层。厚 15.20 m。

第四层　灰绿、棕红色含生物碎屑泥岩夹生物碎屑灰岩。厚 13.23 m。

第五层　灰绿、灰黄色泥岩。底部为砂质泥岩、生物碎屑灰岩。产有孔虫 *Reophax excentricus*，*Ammobaculites obscurus*，*Migros guttiformis*，*M.* spp.。厚 17.5 m。

第六层　灰绿、黄绿色泥质砂岩，石英砂岩。含有孔虫化石：*Ammobaculites obscurus*，*Migros guttiformis*，*M. oryzanus*，*M. spiritensis*，*M.* spp.，*Talimuella merosa* 等。厚 7.02 m。

第七层　灰绿、灰黄色泥岩，含双壳类、腹足类化石碎片。产有孔虫化石 *Ammobaculites*

bergquisti, *A. obscurus*, *Haplophragmides* sp., *Migros guttiformis*, *M. orgzanus*, *M. spiritensis*, *M.* spp., *Talimuella columella*, *T. merosa*。厚 17.25 m。

第八层　下部为灰绿色泥岩，上部为砂质泥岩，顶部为石英长石砂岩。产有孔虫化石 *Ammobaculites bergquisti*, *Migros asiatica*, *M. guttiformis*, *M. oryzamus*, *M. spiritensis*, *M.* spp., *Talimuella columella*, *T. depressisutura*, *T. irregulata*, *T. merosa*, *T. valentula*, *T.* spp. 等。厚 15.96 m。

乌依塔克组　**(K_2w)**

第九层　灰绿、紫褐色泥岩夹泥质粉砂岩。含双壳类化石 *Nucula* sp.。厚 29.69 m。与下伏地层呈整合接触。

第十层　棕褐色砂质泥岩与石英细砂岩、膏质粉砂岩不规则互层夹白云岩与石膏薄层。厚 19.08 m。

第十一层　下部为棕褐色含砂质泥岩，上部为棕红色泥岩与泥质粉砂岩互层。厚 19.69 m。

依格孜牙组　**(K_2y)**

第十二层　棕红色薄层生物碎屑灰岩，底部夹棕红色粉砂质泥岩，上部夹泥质白云岩。生物碎屑主要为双壳类、有孔虫碎片等。双壳类有 *Nucula* sp.，*Lapeirrousella* sp. 等。厚 14.55 m。与下伏地层呈整合接触。

第十三层　灰色、灰白、粉红色厚层—块状生物灰岩和生物碎屑灰岩。产有孔虫 *Quinqueloculina* sp., *Triloculina* sp., *Ammobaculites* sp. 和 *Textularia* sp. 等。藻类 *Senegalinium micrograuulatum*, *Operculadinium baculatum* 等。生物碎屑主要为固着蛤碎片。双壳类化石有 *Lopha* sp., *Biradiolites boldjuanensis*, *Neitheopsis quadiricostata*, *Sauvagesia* sp. 等。介形虫 *Paijenborchella* cf. *asiatica* 等。厚 52.19 m。

古新统吐依洛克组　**(E_1t)**

第十四层　紫褐、灰白色石英砂岩和泥质粉砂岩。含双壳类化石碎片。厚 8.29 m。与下伏地层整合接触。

第十五层　紫褐色含泥石膏与砂质泥岩不规则互层。厚 11.71 m。

阿尔塔什组　**(E_1a)**

第十六层　灰白色厚层—块状石膏夹多层薄层白云岩、膏泥岩、白云质灰岩、泥灰岩等。含孢粉 *Ephedripites* sp., *Quercoidites* sp., *Artemisia* sp. 等。厚 196.6 m。与下伏地层呈整合接触。

第十七层　灰白、灰色厚层—块状晶粒状石膏夹多层膏泥岩、白云岩和泥质灰岩。厚 178.4 m。

齐姆根组　**(E_1q)**

第十八层　灰色、浅褐灰色泥晶含生物碎屑泥灰岩。含双壳类 *Cardium* sp., *Panopea* cf. *vaudini* 和腹足类化石。厚 17.85 m。

第十九层　灰绿、灰黄色泥岩和砂质泥岩，底部含有介壳层，介壳以双壳类为主，多破碎，保存完整的较少。本层含介形虫、棘皮动物、腹足类、双壳类、有孔虫、孢粉等化石。双壳类有 *Ostrea bellovacina*, *Flemengostrea hemiglobosa*, *Pycnodonte camelus*, *Cardium* sp., *Panopea* cf. *vaudini* 等。有孔虫 *Ammodiscus* sp., *Glomospira* sp., *Glomospirella* sp., *Ammobaculites* sp., *Haplophragmoides bullatus*, *Spiroplectammina monetalis*,

Migros sp., *Quinqueloculina orbiculata*, *Nodosaria* cf. *affines*, *Discorbis obvalatus*, *Cibicides praeventratumidus*, *C.* spp., *Nonion sublaeve*, *N.* spp., *Nonionella* spp., *Nonionellina frankei*, *N. pizarrensis*, *N. spisa*, *N.* sp., *Anomalina bandyi*, *A. luxorensis*, *A. simplex*, *A.* spp., *Cibicidoides suzakensis*, *Heterolepa* sp., *Melonis* sp. 等。厚 43.34 m。

第二十层　灰绿色泥岩、砂质泥岩夹生物灰岩。生物灰岩含双壳类等化石。双壳类 *Ostrea bellovacina*, *Flemengostrea hemiglobosa*, *Pycnodonte camelus*。孢粉 *Quercoidites* sp., *Chenopodopollis* sp., *Cupuliferoipollenites* sp., *Ephedripites* sp., *Taxodiaceaepollinites hialus*, *Polypodiaceasporites* sp. 等。有孔虫 *Discorbis asterocides*, *D. bullatus*, *D. distinctus*, *D. obvelatus*, *D. piacoides*, *D.* spp., *Cibicides praeventratumidus*, *C.* spp., *Pararotalia* sp., *Nonion sublaeve*, *N.* spp., *Florilus labradoricum*, *Nonionella reussama*, *Nonionellina frankei*, *N. pizarrensis*, *N. reniformis*, *N.* sp., *Anomalina bandyi*, *A. luxorensis*, *A. mantaensis*, *A.* sp., *Cibicidoides succedens*, *C.* sp., *Heterolepa symmentrica*, *H.* sp. 等。厚 29.64 m。

第三章　白垩系与第三系界线附近生物地层特征

由于缺少化石证据，长期以来本区白垩系与第三系界线一直划在吐依洛克组与阿尔塔什组之间，这是一条约定俗成的界线，主要根据是两者之间存在着间断，即假整合或不整合。前文已述及，按现代地层学的要求这一界线不能满足具有等时性界线的要求，需要重新商榷和厘定。随着本项目的确立及工作的深入，我们相继在库孜贡苏剖面和阿克彻依剖面的吐依洛克组中发现了有孔虫、介形虫、遗迹化石等，为解决本区白垩系与第三系界线找到了可靠的化石证据。吐依洛克组的时代也就成了确定上述界线的关键所在。

从本区白垩纪—第三纪海相沉积特征来看，它属于特提斯的一个分支，伸入内陆，与广海的通联程度较差，多数时间处于一种封闭、半封闭的海湾或潟湖环境。沉积环境特征决定了赋存于其中的生物群的特征。因此，在本区进行白垩系与第三系界线的研究，必须针对本区的特点进行。本区海相层的特点经过多年来的探索，主要有以下几点：

(1) 以滨海—潟湖海湾相沉积为主，上白垩统—古新统 6 个岩组中就整体而言有 4 个基本以潟湖、滨海和海湾相为主，其他两个组，齐姆根组可以说海相性最强，但从生物和沉积条件分析，只有短时的正常浅海；库克拜组底部的大套膏泥岩也显示了潮坪的萨布哈环境。因此，本区海水的补给是间歇性的，受到阻隔影响较大。

(2) 生物类型以底栖型为主，浮游和广海型较少。沉积环境决定了生物的生态环境，环境压力大，生物就不可能正常发育，出现高分异度、高均衡度生物群的机率很小。本区海相化石有孔虫的研究程度最高，该类化石除库克拜组、乌依塔克组和齐姆根组有少数浮游类型或者所谓带化石外，其他各组基本上是以底栖有孔虫类为主。另外，菊石只限于库克拜组个别层位。

(3) 晚白垩世末期—古新世早期为全球性海退期，本区反映得特别明显。本区当时是特提斯的分支边缘。吐依洛克组和阿尔塔什组为此时沉积的两个岩组，生物化石异常贫乏。以往由于这个原因和缺乏新手段，所以白垩系与第三系界线一直悬而未决。

(4) 本区上白垩统—古新统各岩组的时代划分以及白垩系与第三系界线的划分基本上以岩石特征和间断为基础，且岩组命名地点并非是海相性最强、沉积物发育最典型和古生物出现最全的地区，缺乏典型性。如乌依塔克组的命名点在乌依塔克，该组岩性和化石等特征不如阿克彻依发育得好。这就为探索研究带来不少重复性的工作，容易产生误差。

针对这些特点，我们认为不可能像对欧美某些正常海相的白垩系与第三系界线剖面那样，用浮游有孔虫、钙质超微化石等分布广泛且时代性较强的分带方法来划定界线，而只能采用综合的方法，即详细地对底栖类型进行研究，充分发挥这些古生物的生物地层作用，再辅以浮游类型的标准化石限定分层单元，最后确定这一界线。

第一节　有孔虫生物地层

相对而言，有孔虫化石在本区分布最为广泛，产出的层位也最全。上白垩统—古新统的6个组之中目前均找到了有孔虫化石。本区的有孔虫动物群在晚白垩世—古新世经历了两个最佳发展期，一是以库克拜组—依格孜牙组为代表的白垩纪发展期，主要体现在库克拜组中，亦即赛诺曼—土仑期的发展期，这也是全球范围内白垩纪有孔虫最繁盛时期，在本区也有所反映。由于是世界性的海进期，特提斯生物区和北方区的有孔虫在本区均有所发现；二是以古新统齐姆根组为代表的老第三纪发展期。两个发展期生物群的面貌呈现出巨大差异，这表明白垩纪和第三纪之交发生的全球性生物界重大变革在研究区的反映相当明显。

(1)从胶结壳类型发育情况看，白垩纪以曲杖虫科(Lituolidae)和变房虫科(Ataxophragmiidae)为代表，古新世则以串珠虫科(Textulariidae)为代表。

(2)小粟虫类即似瓷质壳类型在白垩纪十分发育，可构成小粟虫灰岩(如依格孜牙组)。小粟虫类的发育是特提斯白垩纪有孔虫的一大特色，在北美和欧洲的许多小粟虫灰岩即说明了这一点。古新世则衰落，数量大为下降。

(3) 白垩纪浮游有孔虫与古新世差别甚大，白垩纪以轮孔虫科(Rotaliporidae)为特征，古新世该科绝灭，代之而起的是典型的新生代类型：圆幅虫科(Globorotaliidae)和抱球虫科(Globigeriniidae)。

(4) 本区晚白垩世—古新世期间经常处于内陆海湾。海湾内有孔虫与正常海有孔虫的基因交流受到很大限制，造成地理乃至生殖阻隔，于是许多新的类型在边缘区迅速生成，成为地方性分子。据统计，地方性分子占种数的12%和占个体数量的31%(图3—1)。

一、上白垩统有孔虫生物地层

1. 移栖虫-砂杆虫动物群(*Migros-Ammobaculites* Fauna)

该有孔虫动物群限于晚白垩世，集中发育于库克拜组，少数分子可延至乌依塔克组。以胶结壳类型占绝对优势为特征，约占种数的70%以上，而且数量极为丰富，但多样度稍差。似瓷质壳类型仅在少数地区出现，其种数不超过6%。浮游有孔虫含量很少，其种数约占总种数的8%，分布于斯姆哈那、巴什布拉克、阿克彻依和乌依塔克等地区。钙质微孔壳类型在动物群中居第二位，含量在10%～20%之间，集中发育于库克拜组的上部。该动物群以*Migros*、*Ammobaculites*为代表，*Yuanaia*、*Talimuella*和*Discorbis*亦占相当数量。该动物群分布在喀什—叶城一线以西地区，尤以乌鲁克恰特、库孜贡苏、阿克彻依和乌依塔克等地发育最好。本动物群共计38属76种。根据《国际地层指南》(1994修改版)的要求和规定，组合带是单个地层或地层体，其特征是将一个独特的由3个或更多的化石分类单元构成的组合或伴生视为整体，而区别于相邻地层的生物地层特征。组合带的界线定在该单位所特有的组合产出界线的界面(生物面)上。该动物群分布的地层可以划分为3个组合带，自下而上是：

(1) 移栖虫-砂杆虫组合带(*Migros-Ammobaculites* assemblage zone)

该带以移栖虫爆发式出现和砂杆虫的出现为底界面，以塔里木虫大量出现之下为其顶界面。该组合带在库孜贡苏剖面、巴什布拉克剖面和乌鲁克恰特剖面出现在库克拜组下部。但在斯姆哈那剖面、阿尔塔什剖面出现于该组的中部。该带以*Migros spiritensis*、*M. guttiformis*，*Ammobaculites kuzgongsuensis*为特征分子，重要的还有*M. asiatica*，*M.*

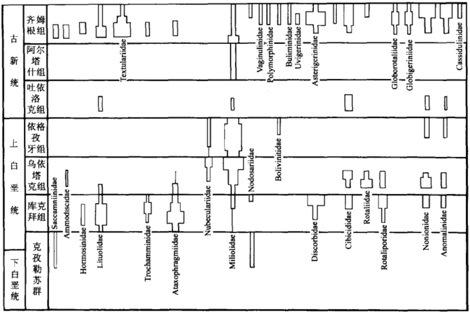


图 3—1　塔里木盆地西南部白垩纪—古新世有孔虫(以科为单位)时空分布示意图

图内棒状带宽度代表该科个体数量的相对等级

hectori, *M. oryzanus*(图 3—2),总计共 10 属 20 种。该带以胶结壳类型为主导,共 7 属 16 种,约占个体总数的 95%;似瓷质壳类型 2 属 1 种,约占总个体数的 3%,其余为钙质微孔壳类型。该带的特征是胶结壳类型占绝对优势,属种的丰度低,优势度高,爆发式出现。该带的 *Migros guttiformis* 和 *M. oryzanus* 为优势种,可占个体总数的 81.53%,是一个典型的地方型组合带。这一有孔虫组合带是本区晚白垩世海侵的第一个组合带。如果本区以库克拜组底部灰绿、灰白色细砾砂岩做为晚白垩世海侵的开始,经过 10~30 m 不等的膏泥岩和碎屑岩沉积的调整(此层位除个别剖面见有小粟虫类偶尔出现和双壳类碎片外,几乎不含化石),到这一层位之上的灰岩(含生物碎屑)沉积,环境才稍事稳定,然后本带分子才得以出现。在阿尔塔什剖面可以清楚地看到,15 号和 6 号样品之间是一个明显的拐点,由此导致本带化石的出现;24 号和 25 号样品之间又是一个明显的拐点,本带有孔虫分子开始衰落,下一组合带的分子开始繁盛。从而清楚地划分出本带上、下界面。

(2) 塔里木虫-砂杆虫组合带(*Talimuella-Ammobaculites* assemblage zone)

该带以塔里木虫大量出现和砂杆虫出现为底界面,以圆盘虫大量出现和赫德伯格虫出现为顶界面。该带位于各剖面库克拜组的中上部。在库孜贡苏、乌鲁克恰特、巴什布拉克和阿克彻依等剖面位于夹 2~3 层厚 1.5~3 m 不等的生物碎屑灰岩的灰绿色泥岩中。在东部阿尔塔什剖面位于含砂泥岩和泥岩中。该带以 *Telimuella merosa*, *Ammobaculites pacalis* 为代表分子,重要的还有 *Ammobaculites obscurus*, *A. bergquisti*, *A. albertensis*, *Migros asiatica* 以及 *Yuanaia spiritensis*, *Reophax woodbinensis* 等。常见有 *Migros oryzanus*, *M.*

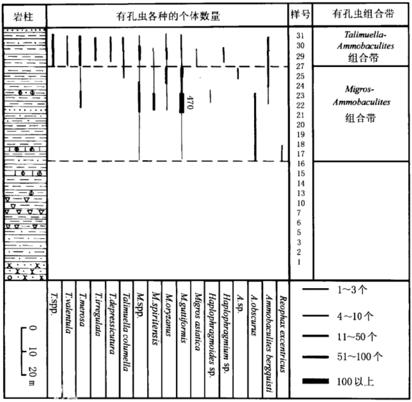


图 3—2　阿尔塔什剖面库克拜组有孔虫化石带

guttiformis 及 *Yaunaia*、*Talimuella* 的一些种(图 3—2)。总计共 7 属 20 种，其中胶结壳类型属 19 种，约占个体总数的 90%左右，其余为钙质微孔壳类型，占总数的 10%左右。该带的特征是以胶结壳占优势，数量丰富，与上一组合带大体相似，但优势度明显降低，多样度和均衡度有所提高。该带是由上一组合带演化而来，两者属于同源组合带。据郝诒纯等(1982)研究，本带的代表分子 *Talimuella* 是由 *Migros*(即上一带的代表分子)的某些种(如 *M. guttiformis*)演变而来。说明了二者的继承关系。该带也可以称为 *Telimuella* 延限带。本带包含了 *Talimuella* 一属的最大产出范围内的地层体。本带反映了与上一组合带相似的沉积。胶结壳类型为主要成分的组合，一般来说环境尚不稳定，没有足够的碳酸盐沉积，致使钙质微孔类型不甚发育或很少出现。另外，在各个剖面中，尤其是在库孜贡苏、乌鲁克恰特剖面中，该带内产有 10～20 m 厚的灰黑色、深灰色泥页岩，可能与全球范围的中白垩缺氧事件有关。缺氧环境可能导致许多要求环境严格的类型不能生存，而使适应性较强的胶结壳得以发展(郭宪璞等，1995)。

(3) 圆盘虫-赫德伯格虫组合带(*Discorbis-Hedbergella* assemblage zone)

本带以圆盘虫大量出现伴以赫德伯格虫出现为底界面并以两属在该带顶部消失为顶界

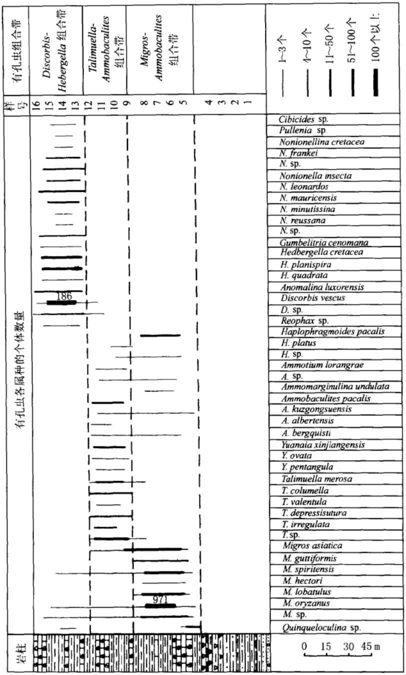


图3 3 库孜贡苏剖面库克拜组有孔虫化石带

面(图 3—3)。该带位于库克拜组上部的灰绿色泥岩中。其范围较前两带大为缩小，目前仅发现于天山前的斯姆哈那、乌鲁克恰特、库孜贡苏和昆仑山前的阿克彻依、乌依塔克等地。发育最好的当属阿克彻依剖面。该带以 *Discorbis vescus*，*Hedbegella cretacea* 等为代表分子，重要的尚有 *Anomalina luxorensis*，*Nonionellina frankei*，*Nonionella leonardos* 和 *H. planispira* 等。总计 18 属 30 种。该带打破了前两个带以胶结壳类型占优势的状况，钙质微孔壳类型占了主导地位，共计 14 属 25 种，占总个体数的 96.5%(内含浮游有孔虫 3 属 4 种，占总个体数的 33.5%)。似瓷质壳类型 1 属 1 种，占总个体数的 0.5%；胶结壳类型退居次要地位，仅 3 属 4 种，占总个体数的 3%。该带的特点是，化石组分较为复杂多样，优势度降低，多样度、均衡度明显上升，为本区晚白垩世最高值。钙质微孔壳类型大量出现，数量丰富并占居优势。浮游有孔虫的出现并具有一定数量，反映了当时塔里木海与广海或大洋的通联加强，打破了以往以地方性种属占优势的状况。同时也表明该带的海相性高于前两个带，形成了晚白垩世以来海侵的高潮，海相环境趋于正常化。但从以 *Discorbis*、*Anomalina*、*Nonionella* 和 *Nonionellina* 等底栖有孔虫为主和浮游有孔虫数量和种属尚不够丰富的情况看，本区的这个带所反映的环境尚不是典型的正常浅海。

(4) 库克拜组的时代分析

综上可知，库克拜组共包括 *Migros-Ammobaculites* 组合带、*Talimuella-Ammobaculites* 组合带和 *Discorbis-Hedbergella* 组合带等 3 个带。3 个带化石中除地方性属种外，其中有不少分子均出现在特提斯其他地区的晚白垩世地层中，具有时代意义。

第一个组合带中的 *Migros spiritensis* 是加拿大西部 Alberta 省 Spirit 河地区 Kaskapau 组中 *Gaudryina irenensis* 带的重要分子，该带属于赛诺曼中晚期。第二个组合带中的 *Ammobaculites pacalis* 及 *A. albertensis* 是上述地区 *Guadryina irensis* 带之上 *Ammobaculites pacalis* 带中的代表分子，该带的时代略晚于 *Guadryina irenensis* 带，属于赛诺曼晚期。第三个组合带中的代表分子 *Discorbis vescus*，*Migros asiatica* 在中亚费尔干盆地东部及东南地区出现在赛诺曼阶(?)—土仑阶的牡蛎带(*Ostrea* zone)中。第三组合带中的 *Hedbergella planispira*，*H. cretacea* 广泛分布于特提斯区的西欧、北美、俄罗斯及澳大利亚等地晚白垩世地层中，主要是分布于赛诺曼—土仑—赛诺早期的地层，在澳大利亚可延续到马斯特里赫特阶。*Hedbergella quadrata* 见于美国加利福尼亚州 Tehama 县的上白垩统土仑阶(Marians et Zingula，1966)。*Guembelitria cenomana* 一种据 Jenkins，D. G. (1980)等的研究，它的地史分布为阿尔比阶至土仑阶最底部。*Heterohelix globulosa* 在许多地区分布于阿尔比阶—马斯特里赫特阶，在我国西藏冈巴地区见于土仑阶上部至坎潘阶下部。

另外，*Nonionella leonordosi* 产于巴西 Sergipe 地区的土仑阶及其以上地层中(Ellis，B.F. 等，1978)。*Ammobaculites bergquisti*，*A. obscurus* 在美国得克萨斯州产于赛诺曼阶—土仑阶。*Ammotium loramgrae* 是加拿大 Alberta 地区赛诺曼晚期的重要分子(Stelck，C. R. et Wall，J. H. 1954、1955)。*A. comprimatus* 亦见于美国得克萨斯州赛诺曼阶顶部。

从上可见，库克拜组中有孔虫组合带的特征分子或重要分子，每个带之间依次时代渐晚，有些带的特征分子与国际上其他地区的带化石完全相同或可以对比。因此，库克拜组的时代依据有孔虫组合带的时代特征大致可以确定为赛诺曼中晚期—土仑期。

2. 仿轮虫-五玦虫动物群 (*Pararotalia-Quinqueloculina* Fauna)

这一有孔虫动物群集中发育于上白垩统乌依塔克组中。以似瓷质壳类型占绝对优势为

特征，约占总个体数的69%，数量极为丰富，多样度较低。钙质微孔壳在动物群中居第二位，约占总个体数的29%，集中产于乌依塔克组中部的灰绿色泥岩中。胶结壳类型在本动物群中急剧衰落，含量极少，约占总个体数的2%左右。该动物群以 *Quinqueloculina*、*Massilina*、*Pararotalia* 和 *Cibicidina* 等属为代表，主要分布于昆仑山前地区，尤以阿克彻依、乌依塔克、阿尔塔什等地发育最好。天山地区仅见于斯姆哈那地区且发育不全。一般说来，在研究区内乌依塔克组代表海退系列，以干热气候条件下形成的红色碎屑岩和膏泥岩为其显著特征。海相生物除库克拜组上延的孑遗分子外，未见新的化石分子出现。但作者等在阿克彻依等地发现了新的有孔虫组合带，这一发现不仅为地层的划分而且为当时的古海洋分布格局及海侵通道等问题提出了新的证据。该动物群共计 28 属 36 种。可分成三个组合带，自下而上分别是：

(1) 移栖虫-砂杆虫组合带(*Migros-Ammobaculites* assemblage zone)

该带由上一动物群的孑遗分子所组成。主要由 *Migros guttiformis* 和 *Ammobaculites* 构成，尚有 *Spiroloculina*。共 3 属 1 种。基本上以胶结壳类型占优势。该带以上述化石出现层位为其底界，以仿轮虫、小诺宁虫出现为其顶界。分布于阿克彻依、乌依塔克、库孜贡苏等地的乌依塔克组下部的灰绿色砂质泥岩、泥岩中。其下部是未见有孔虫化石的膏泥岩，各地厚度不一，是库克拜组海水进退旋回的海退序列。从本带开始代表了一次新的海水侵进，有孔虫开始了新一轮的繁衍(图 3—4)。

(2) 仿轮虫-小诺宁虫组合带(*Pararotalia-Nonionella* assemblage zone)

该带以仿轮虫、小诺宁虫出现为其底界，以五玦虫和面包虫、小面包虫大量出现为顶界，其分布范围目前主要见于昆仑山前的阿克彻依(图 3—4)。该带见于乌依塔克组中下部的灰绿色泥岩中，以 *Pararotalia quinquepartita*，*Nonionella austinana* 为代表分子，重要的还有 *Nonionella robusta*，*Guembelitria cretacea*，*Hedbergella holmdelensis*，*H. lata*，*Conoglobigerina kellert* 等。总计 15 属 15 种 1 相似种。该带改变了上一组合带的成分构成，以钙质微孔壳类型占主导地位，占个体总数的 86%，占种数的 93%；似瓷质壳位居第二，占个体总数的 12%，占种数的 6%；胶结壳仅占个体总数的 2%。该带的多样度即 $H(S)$ 值为 1.13～2.58 之间，平均为 1.84。Gibson，T. G. 等(1973)根据有孔虫化石群的分异度等做了推断海水深度的尝试。按他们所列两者的对应关系，推断本带的海水深度约在 30～80 m 之间。值得一提的是，本带之中尚有浮游有孔虫的出现，共 4 属 4 种。这是目前研究区内白垩纪浮游有孔虫出现的最高层位。本带有孔虫的出现表明了乌依塔克组的中下部曾经有过一次海侵，其范围主要集中于昆仑山前，而且比库克拜组中上部的海侵规模要小。

(3)小面包虫-五玦虫组合带(*Cibicidina-Quinqueloculina* assemblage zone)

该带以小面包虫、五玦虫大量出现为其底界，以小面包虫消失、五玦虫、玦心虫大多数种消失为其顶界。分布范围目前仅见于昆仑山前缘的阿克彻依剖面。该带产出于乌依塔克组中部的灰绿色泥岩中。从环境上说，这是海侵高潮之后的下拐点，与上一个带呈继承性，从本带起即代表海水退却的开始。其理由是，首先浮游有孔虫在本带已消失，说明海水与大洋的通联程度下降，二是钙质微孔壳类型的种属和数量大幅度降低，三是耐高盐又具较强抵御恶劣环境能力的似瓷质壳类型无论从种属还是从数量上都显著增加。本带以 *Cibicidina californica*，*Quinqueloculina coonensis* 为代表分子，重要分子有 *Quinqueloculina simplex*，*Massilina levigata* ，*M. planoconvexa*，*M. rotumdama* 及 *Cibicides obiraensis* 等。共计 7 属 19种1近似种。该带的显著特征是，上一组合带不发育的似瓷质壳类型在本带一跃成为主

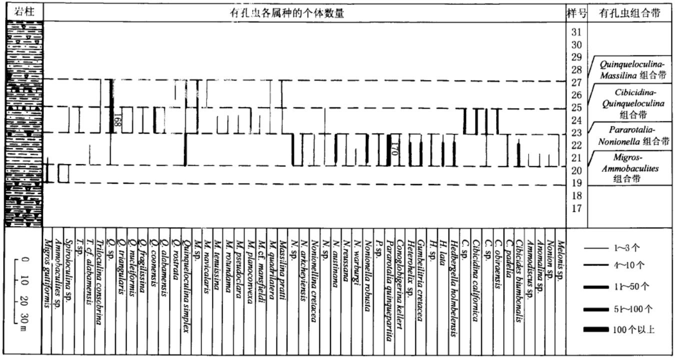


图3—4　阿克彻依剖面乌依塔克组有孔虫组合带

要类型，可占总个体数的 76.5%，占种数的 90%；钙质微孔壳在本带开始衰落，约占总个体数的 23.5%，占种数的 10%；胶结壳类型未见。

(4) 五玦虫-玦心虫组合带(*Quinqueloculina-Massilina* assemblage zone)

该带以小面包虫消失为底界，以五玦虫和玦心虫消失为顶界。分布范围目前见于天山前的斯姆哈那和昆仑山前的阿克彻依、乌依塔克等地。以阿克彻依发育最好。该带见于乌依塔克组中上部。以 *Quinqueloculina simplex* 和 *Massilina pratti* 为代表分子，重要分子还有 *Q. rostrata*，*M. quadrilatera* 和 *Triloculina concobrina* 等。共计 4 属 9 种。全部为似瓷质壳类型，化石数量非常丰富，但多样度低而优势度高，仅 *Quinqueloculina* 一属就占全部个体数的 65%以上。小粟虫类(即似瓷质壳类型有孔虫)在超咸水潟湖、超咸水沼泽带占优势，在陆架浅海和半咸水中含量较低或者不存在(Murray, J. W., 1973)。Brasier, M. D. (1982)根据小粟虫类型有孔虫的形态功能及实际资料分析认为，形成于高盐潟湖和沼泽的这类有孔虫个体小，具有细长的壳体，而正常海相中的则个体大，呈椭圆或近圆形。该带的有孔虫个体一般较小，呈细长的个体居多。通常壳长为壳宽的 2 倍或 2 倍以上。据上分析，可以推测该带有孔虫为海退期的产物，生活于高盐潟湖环境。

(5) 乌依塔克组的时代分析

乌依塔克组包括了仿轮虫-五玦虫动物群所赋存的所有层位，即包含了上述 4 个有孔虫组合带。从该动物群的整体情况看，与前一动物群的区别在于它的地方性属种退居次要位置，而出现了许多分布范围较广、具有时代意义的类型。关于本组的时代，由于以往化石材料的缺乏，争论很大。现从有孔虫生物地层的角度对该组的时代提出一些看法。该组下部的第一组合带基本为前一动物群的孑遗分子，其面貌与库克拜组的代表分子相同，只是多样度大为下降，优势度增加，根据上下层位的关系推测该带所赋存的地层时代应为土仑晚期。从第二到第四组合带，有孔虫面貌与库克拜组迥然不同。全部为新的组成类型。第二组合带为乌依塔克组海侵高峰期产物，海水的侵进带来了全新的有孔虫分子，不但有底栖类型，且有浮游类型，为确定该组的时代提供了依据。浮游有孔虫 *Conoglobigerina kellert* 在高加索的索奇地区见于早赛诺期(即康尼亚克期)；*Hedbergella lata* 见于美国新泽西州西海岸平原区上白垩统的下三冬阶(即赛诺中阶)；*H. holmdelensis* 在新泽西州的时代为见于马斯特里赫特早期；*Guembelitria cretacea* 在北美见于赛诺期—马斯特里赫特期。底栖有孔虫 *Pararotalia* 一属首次在第二组合带出现并繁盛，该属是全球广布的属。据 Loeblich，A. R. 和 Tappan，H. (1959、1964、1988)研究，它在全球各地最早出现于晚白垩世的康尼亚克期(即赛诺早期)，繁盛于第三纪。第二组合带的 *Nonionella austinana* 和 *N. robusta* 在美国得克萨斯州为晚白垩世奥斯梯期(Austinian)的代表分子和重要分子，前一种即是以该期的名称命名的。奥斯梯期为北美的地方期，相当于欧洲的康尼亚克期。第三组合带的代表分子 *Cibicidina californica* 见于美国加利福尼亚州晚白垩世的坎潘期(即赛诺晚期)。*Quinqueloculina coonensis* 在美国田纳西州是赛诺早期 *Exogyra costata* 带的共生分子。

鉴于上述有孔虫分子的时代分析可以看出，除个别分子可延伸到马斯特里赫特阶以外，大部分限于赛诺阶，结合其他化石(后述)的时代，乌依塔克组的时代应从土仑晚期—赛诺期。土仑期和赛诺期的界线在第二组合带之底界。

3. 五玦虫-三玦虫动物群(*Quinqueloculina-Triloculina* Fauna)

该动物群集中产于上白垩统依格孜牙组中上段灰岩中。化石数量非常丰富，可构成小粟

虫灰岩。由于化石产于灰岩之中，就目前的条件无法直接提取实体，全部依靠制作岩石薄片鉴定，给定量统计带来不少困难，无法与前两个动物群从定量岩样中提取化石的统计结果对比。关于该动物群化石的发现，郝诒纯等(1987)、唐天福等(1989)都有专门的讨论。本次工作又新发现了许多新类型，进一步丰富了该动物群的化石内容，并为动物群所赋存的地层时代划分提供了新鲜材料。

这一动物群以似瓷质壳类型占优势为特征，约占总种数的50%以上。钙质微孔壳也出现了有别于前两个动物群的新成分，在动物群中居第二位，约占总种数的22%左右。胶结壳类型也出现了许多新成分，约占总种数的28%左右，与前一个动物群相比，又有了一个新发展。这一动物群以 *Quinqueloculina*、*Triloculina*、*Pseudotriloculina*、*Nodosaria*、*Textularia*、*Ammodiscus* 等为代表，同前一动物群一样目前仅见于昆仑山前地区，尤以阿克彻依、乌依塔克、阿尔塔什、且末干等地区发育最好，总共有23属38种(其中包括6个新种)11个相似种和变种。

该动物群包括两个组合带，自下而上分别是：

(1) 五玦虫-节房虫-串珠虫组合带(*Quinqueloculina-Nodosaria-Textularia* assemblage zone)

该带以五玦虫诸种、节房虫和串珠虫出现为其底界，以节房虫诸种的消失为其顶界。该带在阿克彻依、乌依塔克、阿尔塔什等剖面中出现于依格孜牙组的中下部，以 *Quinqueloculina rotunda*, *Q. intongaziana*, *Nodosaria* cf. *tenus*, *Textularia costata*, *Bolivina incrassata* var. *crassa* 等为特征分子，重要的还有 *Bolivina decurrens* var. *parallela*, *B. senonicus* var. *desnesis*, *Massilina hechti*(图3—5)。总共15属37种，其中有6个相似种及变种。该带有孔虫以似瓷质壳类型占优势，共6属19种，占总种数的51%；胶结壳类型6属10种，占总种数的27%，居第二位；钙质微孔壳类型3属8种，占总种数的22%。该带目前仅见于昆仑山前缘地区，天山前未见到。它主要赋存于依格孜牙组的泥质生物碎屑灰岩中，小粟虫的数量很大可构成小粟虫灰岩。这是本区继乌依塔克组之后又一次新的海侵过程。从该带全部由底栖小有孔虫组成、未见浮游类型出现的情况看，此次海侵的海相性不是很强。小粟虫类据许多学者研究更具有抗御不利环境的能力。本带所处的海洋环境主要为近岸的礁滩相。

(2)假三玦虫-砂盘虫-先希望虫组合带(*Pseudotriloculina-Ammodiscus-Protelphidium* assemblage zone)

本带以 *Bolivina* 和 *Nodosaria* 诸种的消失为其底界，以 *Pseudotriloculina* 和 *Protelphidium* 的消失为其顶界。该带主要分布于昆仑山前缘的阿克彻依、乌依塔克、阿尔塔什等地，与前一个组合带分布范围相似，赋存于依格孜牙组上部的泥质灰岩中，以 *Pseudotriloulina ovata*, *Protelphidium hofkeri* 等为其特征分子，总共17属26种。该带的特征是仍然以似瓷质壳类型为主，共计5属13种，占总种数的50%。与前一组合带相比，*Quinqueloculina* 和 *Massilina* 的种数明显下降，而房室较膨胀的 *Pseudotriloculina* 和 *Triloculina* 个体数量上升并出现了新类型 *Ophthalmipora*。胶结壳类型次之，共计7属7种，占总种数的27%，以 *Ammodiscus* 和 *Daxia* 为代表，其数量略大于 *Cribratina*、*Polychasmia* 和 *Textularia* 等。钙质微孔壳类型共计5属6种，占总种数的23%，与前一组合带相比，以平旋、螺旋壳相对增多为特征，如 *Protelphidium*、*Nonion* 和 *Nonionella* 等，而单列、双列壳类型数量骤减，如 *Nodosaria* 几乎绝迹，细长的 *Bolivina* 已被近矩形的大壳体的个体所取代(图3—5)。

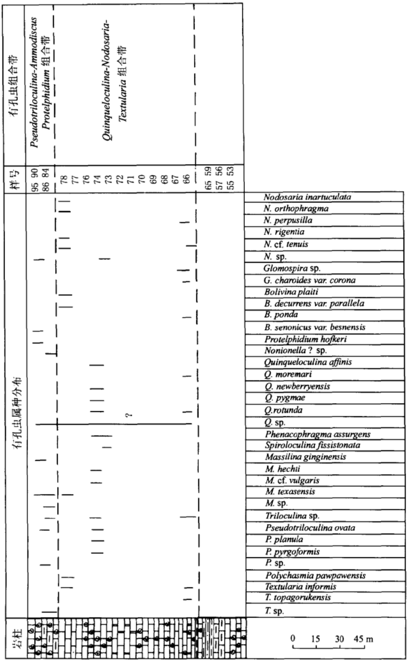


图3—5 阿克彻依剖面依格孜牙组有孔虫化石带

本带与前一组合带有许多类似的地方，如均以似瓷质壳类型占优势，胶结壳类型均占总种数的27%，但在组合带的特征属的构成上仍有很大的不同，最大的差异反映在钙质微孔壳的类型上，前者以列式壳为主，后者以平旋壳居多，反映在生境上前者海水相对较后者更深一些。

(3) 依格孜牙组的时代分析

以往该组由于化石资料不足，只能依据岩性特征与邻区相对比，推断其地层时代为晚白垩世。通过20余年的工作，我们在该组中上部褐红色泥质灰岩和生物灰岩中发现了丰富的有孔虫化石，建立了两个有孔虫组合带，获得了一些有时代意义的重要分子，为确定依格孜牙组时代提供了可靠依据。

Bolivina 一属最早出现于晚白垩世晚期的马斯特里赫特期，分布广泛具世界性，一直可延续到现代。该属在本区依格孜牙组分布较广，数量可观。具代表性的有 *B. incrassata* var. *crassa* 和 *B. decurrens* var. *parallela* 两变种，曾分别产于中亚哈萨克斯坦及非洲埃及西奈地区上白垩统马斯特里赫特阶上部。*B. senonicus* var. *desnesis* 曾发现了俄罗斯地台的马斯特里赫特阶。*B. paiti* 曾产于美国得克萨斯州上白垩统 Navarro 组之中，分布相当普遍。本区在阿克彻依和阿尔塔什两地区数量较丰的 *Textularia costata*，*Massilina texasensis* 和 *Quinqueloculina rotunda* 等也产出于 Navarro 组，Navarro 组的时代为马斯特里赫特期。*Quinqueloculina intongaziana* 曾产于南非那塔里地区的马斯特里赫特阶中部。*Massilina hechti* 曾产于德国马斯特里赫特阶之下部。还有一些分子如 *Nodosaria* cf. *tenuis* 和 *Spiroloculina fissistomata* 曾产自波兰克拉克地区上白垩统赛诺阶。*Textularra informis* 和 *Nodosaria orthophragma* 产自德国赛诺阶。在欧洲一些地区把晚白垩世划分为赛诺曼期、土仑期和赛诺期3个期，赛诺期又包括康尼亚克等4个期，马斯特里赫特期亦归入赛诺期的最后一个期。鉴于这种原因，上述分子的时代也不排除为马斯特里赫特期的可能性。当然，依格孜牙组也见有早白垩世晚期和晚白垩世早期的分子延续上来，同时也有新生代的先驱分子出现，反映了该组中新生代过渡的色彩。

依格孜牙组有孔虫的上述两个组合带主要以小粟虫超科的分子占优势，数量相当丰富可构成小粟虫灰岩(图版9之图3、图4)。小粟虫类最早出现于侏罗纪，进入白垩纪之后爆发式发展。在北美、欧洲等许多地区晚白垩世都产有小粟虫灰岩，本区依格孜牙组的小粟虫灰岩与这些地区的灰岩是同期产物。

依格孜牙组的组合带是下伏地层乌依塔克组 *Quinqueloculina-Massilina* 组合带的继续和发展，在系统演化上是连续的，呈明显的继承性，而与上覆吐依洛克组底部有孔虫组合带面貌迥然不同，是亚目和超科级的差别。这些小粟虫的时限很长，但可以从系统演化的时间顺序上来进一步探讨依格孜牙组的时代。小粟虫类一些属在演化谱系和时间上有如图3—6所示的关系。Cushman, J. A. (1928、1955)曾指出，*Massilina* 和 *Sigmoilina* 同是由 *Quinqueloculina* 演化而来的两个不同分支，*Spiroloculina* 则是由 *Massilina* 演化而来。Galloway, J. I. (1933)也认为 *Massilina* 和 *Sigmoilina* 是直接从

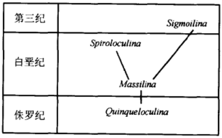


图3—6 *Quinqueloculina* 等几个属之间的演化关系和时间顺序
(据郑执中等，1978，修改)

Quinquelocullina 演化而来。Сероьа，M. Я. (1961)根据壳壁显微结构，认为 *Massilina* 的分类位置介于 *Quinqueloculina* 和 *Spirolculina* 之间。郑执中等(1978)从 *Massilina intermedia* 一系列标本横切面所显示的房室配列，认为这一新种显示了在 *Quinqueloculina* 与 *Sigmoilina* 之间和在 *Quinqueloculina* 和 *Spiroloculina* 之间都具有一定的联系。从上述演化事实可看到这几个属出现的时间顺序是：*Quinqueloculina* 出现于侏罗纪，*Massilina* 出现于早、中白垩世，*Spiroloculina* 出现于晚白垩世，*Sigmoilina* 出现于第三纪。本区小粟虫类从时间上也反映了这样一种演化上的先后顺序：在库克拜组有少量 *Quinqueloculina* 出现，在乌依塔克组中部以 *Quinqueloculina* 占绝对优势，并开始出现与 *Massilina* 相类似的过渡类型，*Massilina* 在该组中部之顶大量出现，未见 *Spiroloculina*。在依格孜牙组，*Quinqueloulina* 和 *Massilina* 继续发育，同时又新出现了 *Spiroloculina*，并占有一定数量，而未见 *Sigmoilina*。小粟虫类房室排列从绕旋—绕旋＋平旋—扭旋这一演化序列在本区表现很明显，它说明从库克拜组—乌依塔克组—依格孜牙组，此类有孔虫的演化是连续的，逐步过渡的。同时，房室呈"S"形扭旋排列的 *Sigmoilina* 在上白垩统中未见。从这些演化事实亦可以证明依格孜牙组的时代应属于白垩纪晚期。

从依格孜牙组两个有孔虫组合带特征分子的时代及小粟虫类在本区演化谱系的分析，将该组的时代归属于晚白垩世晚期，即马斯特里赫特期是适合的。

从区域上看，依格孜牙组包括了晚白垩世最晚期的地层，亦即为上白垩统的顶部，它涉及到白垩系与第三系界线。为了从区域上综合该组及其之上吐依洛克组内有孔虫的总体分布情况，表 3—1 汇总了塔里木西南地区发现于两组内的有孔虫资料。其中吐依洛克组有孔虫属种的个体数量详见文中关于该组组合带的描述。

表 3—1　塔里木盆地西南地区海相 K/T 界线附近有孔虫化石分布表

化　石　名　称	依格孜牙组 (K_2y)	吐依洛克组 (E_1t)
Ammodiscus angustus (Freidberg)	*	*
A. kiowensis Loeblich and Tappan	* *	
Glomospira sp.	*	*
G. charoides var. *corona Cushman* and Jarvis	*	
Polychasmia pawpawensis Loeblich and Tappan	*	
Cribratiba sp.	*	
Phenacophragma assurgens Applin et al.	*	
Daxia minima Li sp. nov.	* *	
Ammobaculites elongatus Bolia	*	
A. gravenori Stelck and Wall	*	
A. pseudoexpansus Bykova		*
Spiroplectammina densa Israelsky		*
S. piripaua Finlay	*	
Plectinella cf. *virgulinoides* Narie	*	
Textularia protenta Cushman		* *
T. informis Montanaro et Gallitelli	* *	
T. costata Carssey	*	
T. washitensis Carsey	*	
T. topagorukensis Tappan	* *	
T. sp.	*	*
Spiroloculina desertorum Schwager		*
S. fissistomata Grzybowski	*	
Massilina plummerae Serova		*
M. cf. *vulgaris* Serova	* *	
M. texasensis Cushman	* *	

续表

化 石 名 称	依格孜牙组 (K_2y)	吐依洛克组 (E_1t)
M. ginginensis Chapman	* *	
M. hechti Hofker	*	
Quinqueloculina coonensis Berry	* *	
Q. intongaziana Stritter	* *	
Q. affinis Costa	*	
Q. pygmae Reuss	*	
Q. antiqua cf. antiqua (Franke)	*	
Q. pseudovata Haque		* *
Q. naheolensis Cushman		*
Q. moremani Cushman	*	
Q. rotunda Carsey	* *	
Q. carinata d'Orbingy		*
Q. ranikotensis Haque		*
Q. robusta Neaga	* *	
Q. stolleyi Brotzen	* *	
Q. rotundata Costa	*	
Q. cf. *compacta* Serova	* *	
Q. newberryensis Puri	* *	
Q. sp.	* *	* *
Triloculina cf. *sphaeroides* Serova	* *	
T. sp.	*	
Pseudotriloculina planula Li sp. nov.	* *	
P. cretacea Li sp. nov.	* *	
P. ovata Li sp. nov.	*	
P. pyrgoformis Li sp. nov.	* *	
P. akcheyiensis Li sp. nov.		* *
P. sp.	*	*
Ophthalmipora gracilis Li sp. nov.		* *
O. wuyitakensis Li sp. nov.	* *	
O. sp.	*	*
Nodosaria inarticulata Reuss	*	
N. perpusilla Chapman	* *	
N. orthophragma Egger	*	
N. cf. *tenuis* Olszewski	* *	
N. rigentia Loeblich and Tappan	*	
N. aciculina Philippi		*
Trocholina trocholinaeformis (Dieni and Massari)	* *	
Bolivina pondi Cushman	*	
B. senonicus var. *desnensis* Vasilenko	*	
B. plaita Carsey	*	
B. incrassata var. *crassa* Vasilenko and Myatliuk	* *	
B. garretti Cushman		*
B. decurrens var. *parallela* Said and kenawy	*	
Cibicides cantti Haynes		* *
C. mammillatus Brotzen		* *
Nonion vicksburgensis Todd		* *
N. cretaceum Cushman	*	
N. cf. *reculverensis* Haynes		* *
Florilus sp.		*
Nonionella leonensis Applin and Jarvis		*
N. cretacea var. *nammalensis* Haque	*	
Anomalina sp.		*
Cibicidoides succedens (Brotzen)		* *
C. cf. *loeblichi* (Said and kenawy)		*
Protelphidium hofkeri Haynes	* *	
P. adamsi Bhalla		*

含量级别(个)：* —(1～3)，* * —(4以上)。

二、古新统有孔虫生物地层

1. 五玦虫-诺宁虫-面包虫动物群(*Quinqueloculina-Nonion-Cibicides* Fauna)

该有孔虫动物群集中发育在古新统吐依洛克组之中。该动物群可分成上下两个部分,面貌不太一样。下部以钙质微孔壳类型占绝对优势,可占总个体数量的95%左右,其他两类有孔虫类型共占5%。上部以似瓷质壳类型略占优势,可占总种数的45%,钙质微孔壳占33%,胶结壳占22%。全部为底栖有孔虫类型,未见浮游类型。下部有孔虫已由郭宪璞(1990)描述过,全部为实体标本,上部有孔虫为本次新发现,全部为薄片标本,因此数量之间不便比较。本动物群的特点是化石数量较少,属种也较为单调,分异度低。以 *Quinqueloculina*、*Nonion*、*Cibicides* 为代表,*Cibicidoides*、*Pseudotriloculina*、*Ophthalmipora*、*Nonionella* 亦占有一定比例。共22属23种,其中包括两个新种。该动物群目前仅发现在昆仑山前缘的阿克彻依和天山前缘的库孜贡苏两地,其他地区未见。

该动物群自下而上分为两个有孔虫组合带。

(1) 面包虫-似面包虫组合带(*Cibicides-Cibicidoides* assemblage zone)

该带目前仅见于天山前缘库孜贡苏剖面吐依洛克组下部。以 *Cibicides mammillatus* 和 *Cibicidoides succeses* 的出现和消失为其底、顶界面。该带化石较少,共计7属4种1相似种,以钙质微孔壳类型占绝对优势,共5属4种1相似种,占总个体数量的95%左右。似瓷质壳类型 *Quinqueloculina* 和胶结壳类型 *Ammobaculites* 各一属,占总个体数量的5%。

本带以钙质微孔壳占绝对优势为特征,其中全部是平旋和螺旋壳类,未见列式壳。个体数量和丰富度、多样度和均衡度等指标均较低。根据有孔虫三大壳质的比例关系分析,该带的生态环境应为陆架滨岸区。该带中钙质微孔壳类大多数为正常海窄盐度分子。但它们在本带发育欠佳,个体普遍偏小,平均壳径为0.25 mm,最小者仅有0.10 mm,畸形壳体数量较多。据现代有孔虫的生物学研究证明,有孔虫在不利条件下成熟期晚,生长周期长,壳体偏大,这是一般规律。但如果条件过于恶劣,以致影响其生化代谢的进行,发育时就普遍畸小(宋岩,1982,内部资料)。

在该带赋存的吐依洛克组底部灰绿色泥岩中测得碳酸盐含量为本区晚白垩世到古新世时期最低值,说明当时碳酸盐处于非饱和状态,偏酸性的水介质对钙质微孔壳的发育十分不利。因此,该带中钙质微孔壳类个体普遍畸小,发育不良。

该带产自薄层状灰绿色泥岩中,泥岩具水平层理,反映了当时水体较平静,具有一定的深度。由此推测本带有孔虫生活在盐度偏低、能量较低的潮下环境。由于这种环境持续时间短暂,很快为潟湖港湾环境所取代(沉积物为膏泥岩或石膏层),变得更加不利于有孔虫生存,超过其忍受极限,故此该带延续时限很短(图3—7)。

(2) 五玦虫-诺宁虫组合带(*Quinqueloculina-Nonion* assemblage zone)

该带目前仅见于昆仑山前缘的阿克彻依剖面。该剖面之西还有这套地层出露,但由于本次经费有限,向西再做工作的计划未能成行。该带赋存于吐依洛克组上部至顶部的棕红、浅灰色生屑灰岩、灰岩及泥灰岩中。该带共有15属18种,三大类壳质类型的有孔虫略呈三分之势(图3—8),似瓷质壳类稍占优势,有5属8种,占种数的45%。以 *Quinqueloculina*、*Pseudotriloculina* 和 *Ophthalmipora* 等为代表,数量稍多。分布在吐依洛克组上部浅灰色生屑灰岩层的 *Quinqueloculina*、*Massilina* 和 *Spiroloculina* 壳体中等大小,壳形以长椭圆形为主,兼有长柱形。产自吐依洛克组顶部砖红色灰岩、泥灰岩层的 *Pseudotriloculin* 和 *Ophtha-*

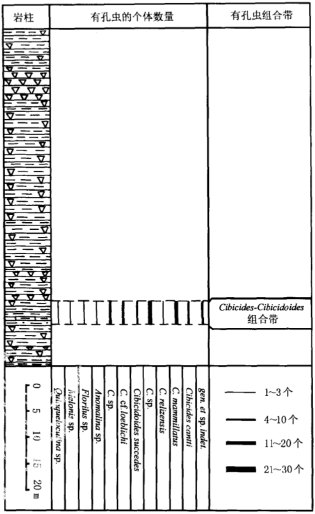


图 3—7 库孜贡苏剖面吐依洛克组有孔虫组合带

lmipora 壳体小，属种单调，尤其是 *Ophthalmipora gracilis* 壳形细长，数量较多。

钙质微孔壳和胶结壳在本带中数量较少，前者有 5 属 6 种，占种数的 33%，后者有 5 属 4 种，占22%。钙质微孔壳类以 *Nonion* 为代表，还见有少量的 *Nonionella* 和 *Protelphidium* 等。其中 *Nonionella*、*Nonion* 和 *Protelphidium* 为平旋壳，许多资料证明它们主要生活在海陆过渡或近岸浅水环境之中。而后两属是广盐性分子，可以在半咸水或超咸水中生存。钙质微孔壳中还见到两个列式壳型的 *Bolivina* 和 *Nodosaria*，它们壳体较宽大，这种变异壳体是水体深度和盐度不正常造成的。胶结壳类均为内部构造简单的类型，如 *Ammodiscus*、*Textularia*、*Ammobaculites* 和 *Spiroplectammina*，它们的生态习性反映了一种浅水的滨海或

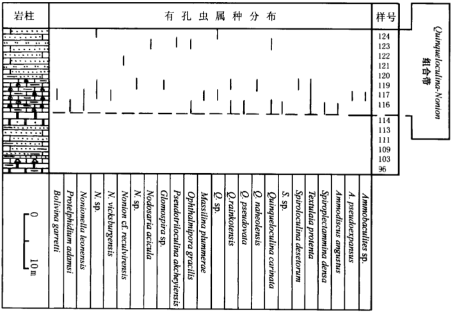


图 3—8 阿克彻依剖面吐依洛克组有孔虫组合带

海湾相环境。总之，该带的分子综合反映了一种各种物理、化学指标不甚正常的浅水环境。

(3) 吐依洛克组时代分析

由于在该组中长期找不到具有时代意义的生物化石，其时代归属众说不一。郝诒纯等(1982)根据本组岩性特征与中亚地区的塔吉克、费尔干和塔什干等盆地进行区域地层对比，其时代暂定为晚白垩世晚期。后来随着塔里木盆地石油勘探的深入开展，地层工作又有了新突破。郭宪璞(1990)在库孜贡苏剖面吐依洛克组下部的灰绿色泥岩中发现了以 *Cibicides-Cibicidoides* 为代表的有孔虫化石，时代定为早古新世。

第(1)组合带中的代表分子 *Cibicides mammillatus* 和 *Cibicidoides succedens* 产自瑞典南部下古新统暗绿色泥质砂岩中，化石含量丰富，分布广泛。尤其是后者仅见于古新统下部，在古新世早期非常繁盛，而在古新世晚期罕见。该种还见于塔吉克盆地古新统下部的布哈尔层，位于 *Globorotalia tadjkistanensis* 带中；*Cibicidoides* cf. *loeblichi* 产自埃及西奈地区下古新统的 Esna 页岩层中部；*Cibicides cantti* 产自英国东南部的古新统。*Cibicidoides* 和 *Florilus* 两属在世界各地最早出现在古新世，繁盛于新生代。从有孔虫演化关系看，该带与下伏地层上白垩统各组有孔虫带有着明显差异，而与上覆地层古新统的齐姆根组化石却有较大共性。与该带共生的介形虫化石也具有老第三纪早期的特色，因此可以认定第(1)组合带的时代为古新世早期。

在吐依洛克组上部棕红色灰岩中的第(2)组合带具有时代意义的分子有：*Quinqueloculina ranikotensis* 和 *Q. pseudovata* 产自巴基斯坦西部 Salt 地区的古新统；*Q. naheolensis*、

Textularia protenta 和 *Massilina plummerae* 均产自美国亚拉巴马州和阿肯色州的古新统；*Ammodiscus angustus* 产自原苏联喀尔巴阡山地区下古新统的丹尼阶(Danian)。

通过对上述两个组合带中有时代意义分子的分析，吐依洛克组的时代应为古新世丹尼期(表 3—2)。

表 3—2　K_2—E_1 国际地层时代划分表

Period(纪)	Epoch(世)		Stage(期)
Paleogene (老第三纪)	Paleocene 古新世		Thanetian(坦尼特期)
			Danian(丹尼期)
Cretaceous (白垩纪)	晚白垩世 Late Cretaceous	Senonian 赛诺期	Maastrichtian(马斯特里赫特期)
			Campanian(坎潘期)
			Santonian(三冬期)
			Coniacian(康尼亚克期)
			Turonian(土仑期)
			Cenomanian(赛诺曼期)

(据 W. B. Harland, A. L. Armstrong 等,1989)

2. 旋织虫-抱球虫-似小诺宁虫动物群(*Spiroplectammina-Globigerina-Nonionellina* Fauna)

该有孔虫动物群集中发育于古新统齐姆根组之中，是本研究区内最繁盛的有孔虫动物群，不仅数量丰富，而且多样度、均衡度都很高。从该动物群整个发育过程看，除似瓷质壳类型不发育外，其他两大类型有孔虫在本地区均为发育鼎盛时期，其趋势是由早期以胶结壳类型繁盛逐步向以钙质微孔壳类型繁盛过渡。在钙质微孔壳类型繁盛期内，不仅底栖类型发育，而且出现了大量浮游类型，最高个体数量可占同期有孔虫数量的 1/3 强，达到 38%。这是本区该类有孔虫含量最高记录。该动物群以 *Spiroplectammina*、*Textularia*、*Laganammina*、*Haplophragmoides*、*Discorbis*、*Globigerina*、*Globorotalia*、*Nonionellina* 和 *Anomalina* 等属为代表，较常见的还有 *Ammobaculites*、*Cibicides*、*Cibicidoides*、*Nonionella*、*Nonion*、*Asterigerina*、*Pararotalia* 和 *Cancris* 等。总计 35 属 67 种。众所周知，有孔虫是海洋性原生动物，它是海洋分布和性质的指示剂。本动物群是本研究区内有孔虫动物群分布最广泛的，其分布范围远远超过了白垩纪和古新世早期，它不仅覆盖了整个西南坳陷区，而且越过麦盖提斜坡进入巴楚隆起地区，发育最好的限于天山和昆仑山前的一些地区，其中以库孜贡苏、巴什布拉克、乌鲁克恰特、齐姆根等地为好。

根据该动物群不同时期的发育特征，自下而上可分为 4 个有孔虫组合带(图 3—9)。

(1) 旋织虫-串珠虫组合带(*Spiroplectammina-Textularia* assemblage zone)

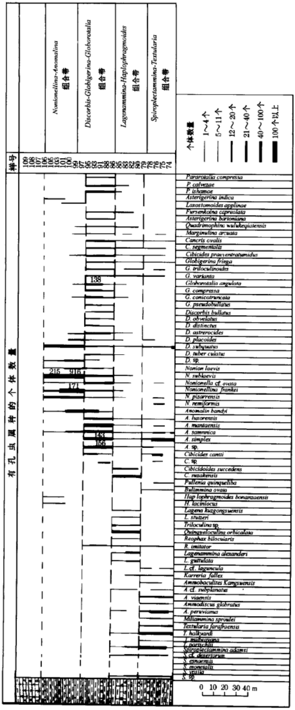


图 3—9 库孜贡苏剖面齐姆根组有孔虫组合带

该带以 *Spiroplectammina* 和 *Textularia* 在齐姆根组底部最早出现为其底界，以 *Lagenammina* 和 *Haplophragmoides* 的出现为其顶界。它赋存于齐姆根组底部和下部碎屑岩、灰绿色泥岩之中，含化石层厚 30 m（库孜贡苏剖面）。该带分布广泛，尤以库孜贡苏、巴什布拉克、齐姆根等地区发育良好，以 *Spiroplectammina monetalis*，*S.* cf. *desertorum*，*Textularia farafraensis*，*Cibicidoides succedens* 为代表，重要分子有 *Anomalina mantaensis*，*Spiroplectammina esnaensis*，*Bulimina ovata*，*Textularia midwayana* 等。共计 15 属 32 种 1 相似种。该带以胶结壳类型占优势，虽然只有 6 属 15 种，但个体数量可占总数的 72%，以 *Spiroplectammina* 最发育为特点。钙质微孔壳类型占个体总数的 28%，计 9 属 17 种，许多属种只是零星出现，形成不了优势。未见似瓷质壳类型出现。钙质微孔壳类型以低螺旋和平旋的圆盘虫科、面包虫科和异常虫科分子为主，尚存在少量的浮游有孔虫。以胶结壳类型占优势的有孔虫动物群，反映当时海水的物化条件尚欠稳定。对环境要求严格的浮游有孔虫虽有出现但发育不好，也是较为动荡环境的反映。从区域构造和沉积背景看，此时的昆仑造山带处于显著上升时期，表现在沉积物上出现大量粗碎屑的磨拉石堆积。阿克彻依地区反映尤为明显，其岩性为暗紫红色不等粒砂砾岩，大小混杂，砾石直径可达 20 cm。同时，天山造山带也处于缓慢上升趋势，在斯姆哈那、乌鲁克恰特、巴什布拉克等地均见有含砾石的砂岩并夹有砾石层，或见有砾灰岩。大量碎屑岩的涌入势必导致海水浑浊、盐度变化频繁、海水透光度降低，使窄相生物难以大量繁衍，而胶结壳类型有孔虫对浑浊、低盐的环境是能够适应的，这已为大量事实所证明。

（2）瓶形虫-似单栏虫组合带（*Lagenammina-Haplophragmoides* assemblage zone）

该带以 *Spiroplectammina* 和 *Cibicidoides* 诸种明显减少和 *Lagenammina*、*Haplophragmoides* 大量出现为其底界，并以后两属的消失为其顶界（图 3—9）。从图 3－9 中可以明显地划分出该带的顶底界线。该带目前仅发现于库孜贡苏，其他地区仅见个别分子出现。该带赋存于齐姆根组中下部泥岩和泥质灰岩之中，以 *Lagenammina guttulata*，*Haplophragmoides laciniocus* 为特征分子，重要的还有 *L. alexanderi*，*L.* cf. *laguncula*，*H. bonanzaense*，*Reophax imitator* 和 *Spiroplectammina ypsila* 等。共 22 属 36 种 3 个相似种。本带与前一组合带面貌相似，仍以胶结壳类型有孔虫占优势，其个体数量可占总数的 69%，仅 *Haplophragmoides* 和 *Lagenammina* 两属的数量就达到总数的 46%。胶结壳类型共 9 属 14 种 3 相似种。钙质微孔壳类型 3 属 22 种，个体数量占 31%，居第二位，未见似瓷质壳类型。本带钙质微孔壳类型的属种数量比前一带有所增加，前一带延伸上来的浮游有孔虫继续存在。胶结壳类型数量比前一带略有减少，钙质微孔壳类型增加，反映了海水物化指标比上一带略为稳定，但没有大的改变。

（3）圆盘虫-抱球虫-圆辐虫组合带（*Discorbis-Globigerina-Globorotalia* assemblage zone）

该带以多种 *Discorbis* 出现、*Globigerina* 和 *Globoratalia* 数量明显增加为底界，以上 3 属的显著减少和 *Nonionellina* 明显增加为顶界。该带在喀什以西的天山前缘地区发育良好，尤以库孜贡苏、巴什布拉克、乌鲁克恰特等地为佳。喀什以东广大地区化石数量和属种稍逊，未见浮游有孔虫，但以 *Discorbis* 为特征，普遍繁盛。该带赋存于齐姆根组中部的泥岩之中，以 *Discorbis bullatus*，*Globigerina triloculinoides*，*Globorotalia angulata* 为代表。重要分子还有 *Globorotalia pseudobulloides*，*G. conicotruncata*，*G. compressa*，*Globigerina varianta*，*G. fringa*，*Loxostomoides applinae*，*Cibicides praeventratumidus*，*C. cantti*，*Nonion sublaevis*，

Cancris segmentalis, *Discorbis obvelatus*, *D. distinctus*, *Pararotalia compressa*, *P. calvezae*, *Cibicidoides succedens*, *C. suzakensise* 等。共 18 属 39 种 1 相似种。本带的突出特点是钙质微孔壳类型占绝对优势，无论是属种数量还是个体数量都达到空前的高峰。胶结壳和似瓷质壳类型各占 1 属 1 种。钙质微孔壳类型中以底栖有孔虫为主，但浮游有孔虫也达到本区空前的繁荣，计有 3 属 12 种，约占总种数的 26%，个体数量占总数的 39%。

本带除分布广泛外，其优势度在本区所有化石带中最低，多样度、均衡度最高，三个数值分别为 15%，2.36 和 0.95。这些指标表明本带有孔虫生境的海相性强。据有孔虫和岩相资料，本区此时处于构造活动相对平静期，底质稳定，沉积物均一，水体的地球化学指标正常，循环良好。该带赋存的沉积物为灰绿色、灰褐色泥岩、粉砂质泥岩和含生物屑的泥晶灰岩，代表了相对稳定的沉积环境。

(4) 似小诺宁虫-异常虫组合带(*Nonionellina-Anomalina* assemblage zone)

该带以 *Nonionellina*、*Nonion* 和 *Anomalina* 同时大量出现和 *Globigerina* 及 *Globorotalia* 大量消减为其底界，以 *Nonionellina*、*Anomalina* 和 *Nonion* 消失为其顶界。该带发育不如上一带好，许多地区仅出现本带的个别属种。以库孜贡苏剖面发育最好。该带赋存于齐姆根组中上部的泥岩之中，厚约 30 m 左右，以 *Nonionellina remiformis*, *Anomalina luxorensis* 为代表分子，重要分子还有 *Nonionellina pizarrensis*, *Anomalina mantaensis*, *A. bandyi*, *Pararotalia compressa*, *P. ishamae*, *Nonion sublaevis* 等。共计 13 属 20 种。种属和个体数量均较前一带大为减少。该带仍以钙质微孔壳类型占绝对优势，个体数量可占 96%，种数可占 90%以上，其中 *Nonionellina* 和 *Anomalina* 两属可占总数量的 71%。浮游有孔虫在本带锐减，仅个别地区可见 *Globorotalia agulata* 和 *Globigerina fringa* 的出现，数量较少。本带出现了以 *Quinqueloculina* 和 *Triloculina* 为代表的似瓷质壳类型有孔虫，数量可占总数的 40%左右，种数可占 5%～10%左右，居第二位。未见胶结壳类型出现。

该带有孔虫以底栖类型占主导位置，浮游有孔虫很少，反映了海水的盐度、温度、水体的物化条件都比前一带逊色。浮游有孔虫的多少是反映海水条件正常与否的晴雨表，本带这类有孔虫骤减，首先说明海水盐度不正常，因为这类有孔虫是窄盐性生物，一旦盐度变化便大量死亡或消失。本带主要有孔虫均为适应性较强的属种，如诺宁虫科和异常虫科，它们可以忍受弱淡化或偏咸水体。小粟虫类更具有抗御恶劣环境的能力和生理机能。综上分析，可知本带赋存的地层所反映的环境是非正常浅海，海水的物化条件趋于不稳定，正常海水的补给受到限制。它代表着海退期的来临。

(5) 齐姆根组的时代分析

该组涵盖了 4 个有孔虫组合带，反映了从海进到海侵高潮直到海退的海水进退过程。其分布范围较广。同时也说明了与大洋和广海的联通密切，地方性种属大为减少，为地层对比提供了较为准确和可靠的佐证。

首先，该组 4 个带中均有浮游有孔虫的出现，有的所占比例还较高，其中一些时代意义较强的分子，如 *Globigerina triloculinoides*, *G. pseudobulloides* 广泛分布于全球各地，为古新世早期丹尼阶上部的重要分子，前者可延至古新统上部，后者也延至古新统中部。*Globorotalia angulata* 在亚洲、非洲、欧洲和北美洲分布广泛，是古新统中部蒙特阶的带化石。*Globorotalia conicotruncuta*, *Globigerina fringa* 两种在高加索、土库曼斯坦出现于古新世丹尼阶，前者在特立尼达可延至古新统上部。*Globorotalia velascoensis* 的分布相当广泛，是古

新统顶部的一个带化石，但也可在古新统中部出现。

其次，底栖类型也有许多种可以与世界其他地区对比。如 *Spiroplectammina monetalis*，*Cibicidoides succedens*，*Bulimina ovata*，*Anomalina mantaensis* 等均出现于塔吉克斯坦古新统中上部的布哈尔层；*Haplophragmoides laciniocus* 产于费尔干盆地东部的布哈尔层；*Cibicides praeventratumidus* 和 *Guttulina ipatovcevi* 产于乌克兰和俄罗斯的蒙特阶，*Pseudonodosaria aquiensis*，*Loxostomoides applinae* 分别产于美国马里兰州和得克萨斯州的古新统上部。其他如 *Spiroplectammina esnaensis*，*S.* cf. *desertorum*，*Textularia farafraensis*，*Anomalina luxorensis* 等均见于埃及开罗古新统之中；*Nonion sublaeve*，*Karreria fallex* 在西欧出现于古新统。

由上述有孔虫的时代对比和分布可以看出，它们的时代均属于古新统，且以中上古新统为多。因此可以认为齐姆根组的时代属古新世中晚期较为适宜（表 3—3、3—4）。

第二节 介形虫生物地层

本次研究共对阿克彻依、库孜贡苏、乌鲁克恰特、乌依塔克、斯姆哈那等 5 条剖面的 170 余块岩样进行了介形虫分析，获得了数千枚介形虫个体。这些样品自下而上分别取自乌依塔克组、依格孜牙组、吐依洛克组、阿尔塔什组和齐姆根组。其中乌依塔克组、齐姆根组化石较丰富，依格孜牙组稍差，其余两组仅见个别分子。现自下而上介绍各岩组主要介形虫属种及其时代意义。

一、上白垩统介形虫生物地层

1. 乌依塔克组

本组在上述 5 个剖面中均见有介形虫化石的产出。在阿克彻依和乌鲁克恰特两剖面中发育较好。现以阿克彻依剖面为例介绍。从阿克彻依剖面获得的介形虫化石，几乎均产自乌依塔克组内。依格孜牙组中未见，吐依洛克组中仅见个别保存极差的化石。

乌依塔克组的介形虫化石主要分布于中下部灰绿、灰黄色泥岩、膏泥岩之中。上部棕红色岩系中未见化石。总体上化石含量不很丰富，主要分布于中部的上段地层。经鉴定共 21 属 32 种（包括 3 个相似种），5 个新种和 21 个未定种，以 *Haplocytheridea*，*Cytherella*，*Cytheridea*、*Asciocythere* 及 *Brachycythere* 等居优势，其次有 *Bythocypris*、*Cythereis*、*Paracyprideis*、*Pontocypris*、"*Cythere*"及 *Cytherelloidea* 等属，其余各属数量很少。

较为重要种按其分布的数量有：*Cytherella comanchensis*，*Cytheridea* cf. *reniformis*，*Haplocytheridea* sp. nov. 1，*Brachycythere taylorensis*，*Asciocythere*? *acuminata*，*Haplocytheridea punctura*，*Cytheridea* sp. nov. 3，*Haplocytheridea*? *fabaformis multilira*，*Paracyprideis* sp. nov. 1，"*Cythere*" *verbosa*，*Cytherella* sp. 8，*Cythereis pracelexta*，*Bythocypris luminosa*，*Cythereis* sp.，*Cytheridea falcoburgensids*，*Cytherella elliotti* 及 *Haplocytheridea*? *berryi* 等。从该剖面介形虫化石组合全貌来看，各属广泛分布于美洲、欧洲、亚洲等地的上白垩统中，属于晚白垩世海相介形虫动物群。其中 *Bythocypris luminosa* 见于塔吉克、土库曼、乌兹别克、费尔干纳等地的土仑阶，*Cytherella comonchensis* 和 *Haplocytheridea punctyra* 分别产于美国得克萨斯和特拉华州康尼亚克阶，*Asciocythere*? *acuminata* 和 *Haplocytheridea*? *berryi* 见于美国北卡罗来纳州赛诺阶下部，"*Cythere*"*verbosa* 和 *Cythereis praetexta* 产于法国

表 3—3　塔里木盆地西南地区上白垩统有孔虫组合带

地层		有孔虫动物群	有孔虫组合带	特征分子	重要分子
上白垩统	依格孜牙组	*Quinqueloculina-Triloculina* 动物群	*Pseudotriloculina-Ammodiscus-Protelphidium* 组合带	*Pseudotriloculina ovata* *Protelphidium hofkeri*	*Pseudotriloculina planula* *P. cretacea* *Protelphidium adamsi*
			Quinqueloculina-Nodosaria-Textularia 组合带	*Quinqueloculina rotunda* *Q. intongaziana* *Nodosaria* cf. *tenus* *Textularia costata*	*Bolivina incrassata* var. *crassa* *B. decurrens* var. *parallela* *Massilina hechti*
	乌依塔克组	*Pararotalia-Quinqueloculina* 动物群	*Quinqueloculina-Massilina* 组合带	*Quinqueloculina simplex* *Massilina pratti*	*Quinqueloculina rostrata* *Massilina quadrilatera* *Triloculina concobrina* *Massilina navicularis*
			Cibicidina-Quinqueloculina 组合带	*Quinqueloculina coonensis* *Cibicides californica*	*Quinqueloculina simplex* *Massilina levigata* *M. planoconvexa* *M. rolumdama* *Cibicides obiraensis*
			Pararotalia-Nonionella 组合带	*Pararotalia quinquepartita* *Nonionella anstinana*	*Nonionella robusta* *Guembelitria cretacea* *Hedbergella holmdelensis* *Conoglobigerina kellert* *Cibicides biumbonalis*
			Migros-Ammobaculites 组合带	*Migros guttiformis* *Ammobaculites*	*Haplophragmium* sp. *Ammobaculites* sp. *Cibicides* sp.
	库克拜组	*Migros-Ammobaculites* 动物群	*Discorbis-Hedbergella* 组合带	*Discorbis vescus* *Hedbergella cretacea*	*Hedbergella planispira* *H. quadrata* *Nonionella leonardos* *Anomalina luxorensis* *Nonionellina frankei*
			Talimuella-Yuanaia 组合带	*Talimuella merosa* *Yuanaia xinjiangensis* *Ammobaculites pecalis*	*Talimuella columella* *Yuanaia pentangula* *Ammobaculites obscurus* *A. bergquisti* *Migros asiatica*
			Migros-Ammobaculites 组合带	*Migros spiritensis* *M. guttiformis* *Ammobaculites kuzgongsuensis*	*Migros oryzanus* *M. asiatica* *M. hectori* *Discorbis vescus*

的土仑阶下部，*Brachycythere taylorensis* 见于美国得克萨斯州三冬阶和坎潘阶，*Cytherella elliotti* 产于美国加利福尼亚州的上白垩统。以上资料说明，构成乌依塔克组介形虫动物群的主体分子主要分布于上白垩统土仑阶至赛诺阶下部。此外，化石组合中的一些次要分子如 *Bythocypris proceraformis*，*Cytherella yigeziyaensis*，*Ovocytheridea reniformis*，*Pontocypris fragilis*，*P. obstipis*，*P. stabilis* 等分布于原苏联境内和我国新疆喀什坳陷的土仑阶，*Cytherella*? *unilacura* 产于美国堪萨斯州赛诺曼阶最上部。在乌依塔克组的介形虫化石组合

表 3—4　塔里木盆地西南地区古新统有孔虫组合带

地层		有孔虫动物群	有孔虫组合带	特征分子	重要分子
古新统	齐姆根组	*Spiroplectammina-Globigerina-Nonionellina* 动物群	*Nonionellina-Anomalina* 组合带	*Nonionellina remiformis* *Anomalina luxorensis*	*Anomalina mantaensis* *A. bandyi* *Nonionellina pizarrensis* *Pararotalia compressa* *P. ishamae* *Nonion sublaevis*
			Discorbis-Globigerina-Globorotalia 组合带	*Discorbis bullatus* *Globigerina triloculinoides* *Globorotalia angulata*	*Discorbis distintus* *D. asterocides* *Nonion sublaeve* *Globorotalia pseudobulloides* *G. conicotruncata* *Globigerina varianta* *Nonionellina remiformis*
			Lagenammina-Haplophragmoides 组合带	*Lagenammina guttulata* *Haplophragmoides laciniocus*	*Lagenammina alexanderi* *L.* cf. *laguncula* *Haplophragmoides bonanzaense* *Reophax imitator* *Spiroplectammina ypsila*
			Spiroplectammina-Textularia 组合带	*Spiroplectammina monetalis* *S.* cf. *desertorum* *Textularia farafraensis* *Cibicidoides succedens*	*Spiroplectammina esnaensis* *Textularia midwayana* *Anomalina mantaensis* *Bulimmina ovata*
	阿尔塔什组		仅见个别 *Quinqueloculina* 未建带		
	吐依洛克组	*Quinqueloculina-Nonion-Cibicides* 动物群	*Quinqueloculina-Nonion* 组合带	*Quinqueloculina ranikotensis* *Q. pseudovata* *Nonion vicksburgensis*	*Quinqueloculina naheolensis* *Textularia protenta* *Ammodiscus angustus*
			Cibicides-Cibicidoides 组合带	*Cibicides mammillatus* *C. cantti* *Cibicidoides succedens*	*Cibicidoides* sp. *Nonion* sp. *Florilus* sp. *Anomalina* sp.

中还有一些在其他地区产于赛诺曼阶、坎潘阶、马斯特里赫特阶的种属，但绝大多数都是少或稀少分子。

综上所述，本剖面乌依塔克组所产介形虫化石反映了晚白垩世土仑期—早赛诺期的动物群面貌。故此，乌依塔克组中下部地层的时代依据介形虫化石应属于晚白垩世土仑期—赛诺早期。推而广之，整个乌依塔克组的时代应为土仑期—赛诺期。蒋显庭等(1995)将库克拜组上部和乌依塔克组中下部的介形虫化石群命名为 *Brachycythere-Pontocypris-Schuleridea* 组合，时代暂定为晚白垩世土仑期。他们还指出产于英吉沙地区沙拉依沟剖面乌依塔克组中部的介形虫化石群的时代为康尼亚克期至三冬期。说明乌依塔克组的介形虫类具有自土仑

期至康尼亚克期(即早赛诺期)的过渡性。

2. 依格孜牙组

该组化石仅见于乌鲁克恰特剖面,计有10属5种(包括一个相似种)。化石保存不甚完好,可供鉴定的较少。其中以 *Neocyprideis*?、*Apatocythere*、*Brachycythere*、*Cytheridea*、*Paracyprdeis*?、*Asciocythere*? 等为主,这些属一般均产于白垩系。在该化石组合中 *Asciocythere*? *acumixata* 见于美国北卡罗来纳州上白垩统赛诺阶下部,*Brachythere taylorensis* 见于美国得克萨斯州三冬阶和坎潘阶,*Cythereis orchidella* 和 *Cytheridea falcoburgensis* 见于荷兰林堡上白垩统马斯特里赫特阶,*Cytherella terminopunctata* 见于美国加利福尼亚州上白垩统。此外,*Apatocythere* 一属仅出现在欧、美的上白垩统,*Paracyprideis*、*Veenia* 均自晚白垩世开始出现延续到新生代。另外,据雍天寿(1984)报道,在阿克彻依剖面见有 *Neocythere* cf. *sculpta*,*Cytherella gragaria*,*Schuleridea oviformis*,*Brachycythere subalata* 和 *Cytheridea* 等介形虫化石,时代为晚白垩世中晚期。

本组发现介形虫的层位在乌鲁克恰特剖面中属于依格孜牙组的中上部。根据介形虫发育的特征和时代分布,并结合上下层关系,依格孜牙组的时代似应为赛诺晚期—马斯特里赫特期,即晚白垩世的晚期。

二、古新统介形虫生物地层

1. 吐依洛克组

该组介形虫目前已知发现在库孜贡苏、巴什布拉克和阿尔塔什等剖面。以库孜贡苏剖面发育较好。该组介形虫的数量较少,大多碎裂或保存不佳,可鉴定的属种相当少。现以库孜贡苏剖面为例加以介绍。该剖面的介形虫化石与有孔虫 *Cibicides-Cibicidoides* 组合带共生,共计有5属4种(包括1个相似种)。它们是:*Paracypris contracta*,*Paracyprideis similis*,*Eopaijenborchella* sp.,*Loxoconcha gabbia*,*L.* sp.,*Novecypris* cf. *whitecliffensis*。据庞其清研究,这些介形虫主要具有老第三纪的组合特征,但又带有白垩纪向第三纪过渡的色彩。其中 *Paracypris contracta* 在美国产于始新世中晚期(即上卢台特期至巴尔顿期)地层中,其外形特征与原苏联西伯利亚厄姆巴油马斯特里赫特阶中的 *P. separalis* 很相似;*Paracyprideis similis* 始见于美国古新世晚期(即塔内提期);*Eopaijenborchella* sp. 见于美国、英国始新世巴尔顿阶;*Noyocgpris whitecliffensis* 见于英国始新统中、下部;*Loxoconcha gabbia* 见于原苏联西伯利亚马斯特里赫特阶。

因此,根据介形虫化石的时代分析和上下层位关系,吐依洛克组可以确定为古新世早期,即丹尼期。

2. 阿尔塔什组

本次未在该组找到介形虫化石。据雍天寿等(1984、1989)的资料,在喀什西部地区阿尔塔什组灰岩、白云岩夹层中含少量介形虫 *Cythereis* cf. *teiskotensis*,*Cytheridea hashiensis* 等,其中前者曾见于尼日利亚古新统。由于化石较少不可断然下结论,因此据介形虫不能具体确定阿尔塔什组的时代,有待今后继续研究。

3. 齐姆根组

该组介形虫化石较为发育,广泛分布于天山和昆仑山前缘地区。现以库孜贡苏剖面为例加以介绍。该剖面的介形虫主要产于灰绿、灰黄色泥岩和泥灰岩之中,该组自下而上的这种岩性中均有产出。经研究共20属18种,个体约250个。主要为 *Cytheridea*、*Echinocythereis*、

Haplocytheridea、*Cytheretta*、*Aulocytheridea*、*Protobuntonia*、*Loxoconcha*、*Bradlega* 和 *Eotcytheropteron* 等。在该介形虫组合中居优势和重要的种有：*Echinocgthereis scabra*，*Cytheridea* (*Clithrocytheridea*) *nanafaliensis*，*Aulocytheridea pinguis*，*Cythertta decipiens*，*Protobuntonia* sp. nov. 1，*Haplocytheridea* cf. *curvata*，*Cytheridea wallacei*，*H. impar*，*Bradleya sinensis* 和 *Eocytheropteron kalickyi* 等。

上述介形虫组合面貌与分布在土库曼斯坦、塔吉克斯坦和费尔干盆地上古新统布哈尔组的介形虫组合较为接近。故此据介形虫化石的时代，确定齐姆根组的时代属于晚古新世是合适的。

第三节　孢粉生物地层

研究区内海相上白垩统—古新统中含有丰富的孢子花粉化石，种类繁多，数量丰富，许多类型属于全球性分布分子和洲际分子，为该套地层的时代划分、对比提供了依据。经详细研究在这套地层中共划分、识别出 8 个孢粉组合。

一、上白垩统孢粉组合

1. 库克拜组孢粉组合及其时代

该组自下而上可划分 3 个孢粉组合。

(1) 希指蕨孢-无突肋纹孢-三孔孢-加蓬孢组合

(*Schizaeoisporites-Cicatricosisporites-Triporoletes-Gabonisporis* assemblage)

本组合产于库克拜组下段，其重要特征其一是，蕨类植物孢子在组合中占优势，平均为 80.6%，其中希指蕨孢属在数量上和种类上都占首位，含量可占孢粉总数的 43.2%～62.6%，类型可达十余种；无突肋纹孢及有突肋纹孢在组合中虽然含量不高，但种类却有 8 种之多。此外还有数量不多但颇有地层意义的徐氏孢、三孔孢、弯曲多环孢、瘤纹多环孢、放射三花孢、盘旋加蓬孢、里白孢等；其二，裸子植物平均为 14%，以麻黄粉属为主，含量为 0.9%～7.1%，其次是克拉梭粉、隐孔粉、蛟河粉及原始双囊粉等具囊松柏类有一定的含量；其三，被子植物总体来看含量不高，为 2%～7%，平均 5.3%，主要为网纹单沟粉、柳粉、栎粉、栗粉、多孔粉、紫树粉及一些三沟类花粉。我们根据蕨类孢子、裸子植物及被子植物的发展，该组合应属晚白垩世早期即赛诺曼期或略早时期。

本组合可与俄罗斯苏昌盆地晚白垩世赛诺曼期卡加组的孢粉组合相比，蕨类孢子是组合的主要成分，松柏类花粉占一定的比例，被子植物花粉占总数的 7%，以三沟粉为主，还有三孔沟花粉存在。与美国新泽西州晚白垩世赛诺曼期的拉里坦组(Raritan)的孢粉组合对比，蕨类孢子为主。麻黄粉较多，被子植物花粉占 15%，主要为三沟、三孔沟花粉。

(2) 希指蕨孢-瘤纹多环孢-多环孢-三沟粉组合

(*Schizaeoisporites-Taurocusporites-Polycingulatisporites-Tricolpites* assemblage)

本组合产于库克拜组中段，其主要特征是以蕨类孢子为主(平均 48.4%)，裸子植物居次(平均 34%)，被子植物居第三位(平均 17%)。

蕨类孢子仍以希指蕨孢子为主，含量为 6.4%～39%，其次有无突肋纹孢、短突肋纹孢、徐氏孢、巴尔姆孢等。裸子植物以麻黄粉为主，占 2%～32%，*Classopollis* 较前组合略有增加，占 1.4%～23.8%，此外尚有隐孔粉、*Phyllocladites*、杉科等。被子植物以三沟粉为主，还

有网纹三沟、三孔沟、三孔粉、单沟粉、*Jugella*、*Rugupolarpollenites* 等以及与现代科属有亲缘关系的 *Salixipollenites*、*Liliacidites*、*Quercoidites*、*Lythraites* 等。

该组合是在第1组合基础上发展起来的，大部分属种延至本组合，特别是在第1组合中所讨论的有较大地层意义的属种在本组合中仍然存在，说明两组合的沉积时代相近，故均属晚白垩世。本组合与俄罗斯土尔盖东南早土仑期—赛诺期孢粉组合有一定的相似性，如其孢子含量为 18.5%～45.5%，以希指蕨孢为主，其次还有 *Polycingulatisporites reduncus*，*Nevesisporites radiatus*，*Selaginella* 等；裸子植物含量为 8.5%～24%，其中杉柏含量较高；被子植物含量为 32%～72.5%，以三沟粉为主，这些特点与本组合一致。

在赛诺曼期—土仑期被子植物尽管类型可以有所增加，但其含量仍然不高，一般不超过10%，尚属被子植物早期发育阶段。而赛诺期被子植物则到了全面辐射发展阶段，其类型可达到多样化程度并具相当的含量。本组合较第1组合的被子植物类种虽有所增加，含量平均为 16.8%，然而与赛诺期被子植物发育情况相比不算丰富，故本组合赋存的岩层无疑应早于赛诺期沉积。根据其前、后组合的时代分析，本组合的时代应属于赛诺曼期—土仑期。

(3) 克拉梭粉-杉粉-克氏粉组合（*Classopollis*-*Taxodiaceaepollenites*-*Cranwellia* assemblage）

该组合产于库克拜组上段。其重要特征是裸子植物花粉为主，含量为 25%～73%，以 *Classopollis* 为主要组分，平均含量达 34.9%，其中以 *Classopollis annulatus* 占优势，其次是 *Classopollis classoides*，此外还有罗汉松粉、杉粉及麻黄粉，含量较前略有增加。众所周知克拉梭粉是世界各地侏罗纪—白垩纪孢粉组合中含量较高的分子。如哈萨克斯坦赛诺曼期—土仑期克拉梭粉可达 49%。江西周田组阿普梯期—土仑期沉积克拉梭粉含量可达 72.2%（一般在 8.8%～57.9%），在宁都盆地晚白垩世早期含量可达 45%，江汉盆地赛诺曼期—土仑期相当于罗镜滩组第一孢粉组合克拉梭粉可高达 58%，这些资料表明克拉梭粉在晚白垩世早、中期可以是组合中的优势成分。蕨类孢子占 23%～54%；希指蕨孢仍是其主要成分，尽管含量较前组合有所减少（4.8%～43%，平均为 16%），但仍有 8 种之多。还有晚白垩世广泛分布的放射三花孢、弯曲多环孢、塞内加尔孢等。本组合被子植物含量平均为 13%，以三沟粉为主，还有三孔沟粉、克氏粉、合沟粉以及 *Pseudoplicapollis*。

由此我们认为第3组合与第2组合的沉积时代应是相近的，根据孢粉组合和地层层序将第3组合的时代归晚白垩世土仑期。

在库克拜组还发现3个不同面貌的沟鞭藻及疑源类组合，分别发现于库克拜组中段和上段。

第一组合：以 *Cyclonephelium* 占优势，其中包括 *Cyclonephelium vannophorum* 可占 21.5%，*C. distinctum* subsp. *psilatum* 占 7.7%。还有相当数量的 *Diphyes*，如，*D. cretaceum* 及少量的 *Deflandrea* sp.，*Florentinia laciniata*，*F. radiculata* 和 *Prasinophyte* 的 *Pterospermella* 等。据本组合的优势成分及组合面貌应与余静贤等(1980)的第一组合和茅绍智(1984)A 带组合相比，即其赋存的岩层相当于库克拜组中部赛诺曼期—土仑期沉积。

第二组合：以 *Coscinodiscus* 占优势，具相当数量的分子有 *Cyclonephelium* sp.，*C. distinctum* subsp. *psilatum*，*C. vannophorum*，*Diphyes* spp.，还有少量的 *Deflandrea* sp.，*Florentinia* sp.，*Oligsphaeridium pulcherrimum*，*Pterospermella* sp. 等。本组合所代表的时代应与第一组合属同期。

第三组合：以 Deflandreoideae（德弗兰藻亚科）占优势，主要成分有 *Isabelidinium korojonense*，*Senegalinium mivrogranulatum*，*Isabelidinium? microverrucosam*，还有相当数量的 *Diphyes* sp.，*Coronifera minus*，*Spiniferites* sp.，*S. ramosus* subsp. *ramosus*，*Palaeohystrichopora*，*infusorioides*，*Oligospaeridium* sp.，*O. pulcherrimum*，*Canningia* sp.，*Litosphaeridium* sp.，*Florentinia* sp.，*F. laciniata*，*Cyclonephelium* sp.，*Bacchidinium* sp. 和少量的 *Veryhochium* sp.，*Pterospermella* sp. 等。根据其优势成分及孢粉组合的对比，本组合赋存的岩层应相当于土仑期沉积。

综上所述，库克拜组的时代应当属于赛诺曼期—土仑期。

2. 乌依塔克组的孢粉组合及其时代

该组自下而上可识别、划分出两个孢粉组合。

（1）希指蕨孢-罗汉松粉-内裂瘤纹孢组合（*Schizaeoisporites-Podocarpidites-Interulobites* assemblage）

该组合产于乌依塔克组的中、下段，其主要特征其一是，蕨类孢子在组合中占重要地位，其中仍以晚白垩世特征分子希指蕨孢属为主，含量在 68.6%～71.1%，此外还有 *Impardecispora* spp.，*Nevesisporites* spp.，*Interulobites* sp.，*Gabonisporis* sp. 等；其二，裸子植物含量为 11%，主要为麻黄粉及罗汉松粉等；其三，被子植物占 1%，主要为 *Nyssapollenites* spp.，*Papillotricolporites* spp. 等。从组合成分来看，本组合较前两个组合类型单一，这可能与当时沉积环境改变有关，但从所出现的主要类型来看，本组合是可以与前1组合相比，因此我们仍然将本组合的时代归于土仑期。

（2）克拉梭粉-希指蕨孢-英吉沙粉-克氏粉组合（*Classopollis-Schizaeoisporites-Yengjishapollis-Cranwellia* assemblage）

本组合发现于该组上段，其重要特征其一是，裸子植物占优势，为 49.7%，以 *Classopollis* 为主要组分；其二，蕨类孢子和被子植物花粉含量接近，分别占 24.7%和 25.4%。蕨类孢子仍以希指蕨孢为主。其三，被子植物首次出现较丰富的类型，有 34 个属种。

蕨类孢子含量较前几个组合有所减少，但主要分子是一致的，并多为晚白垩世分子，特别是发现了较多的 *Senegclosporites* spp.，*Sofrepites* spp.，其次是本组合中克拉梭粉又一次居首位。晚白垩世由于气候经常变化，使克拉梭粉多次占据优势地位。本组合尽管与库克拜组第 3 组合在克拉梭粉的含量上相似，但二者被子植物的含量却有较大的差异。本组合被子植物含量较高，达 25.4%。

本组合与现代植物有亲源关系的被子植物花粉达到一定的含量，如柳、枥、栗、无患子、冬青等，值得提出的是山龙眼科具沟状萌发器的基柱山龙眼粉（*Beaupreaidites*），它广布于北半球的加拿大、美国西部、西西伯利亚、日本及我国的晚白垩世地层中。而斯里瓦斯塔瓦（Srivastava，S. K.，1979）则认为北半球的山龙眼科花粉最初发现于晚白垩世赛诺期。此外，尚发现有广布世界各地晚白垩世地层的 *Cranwellia*、*Orbiculapollis* 等花粉。

赫洛诺娃（Cholonova，1969）在分析了俄罗斯札比丁斯克剖面早赛诺期的孢粉组合后指出其蕨类孢子是希指蕨孢属连续出现，裸子以具囊松科较多，被子植物花粉仅占 5%～28%，常见网面及光面三沟粉。这个组合与本组合亦有相似之处。另外萨莫洛维奇（Samoilovich，S. R. 1967）在分析了亚洲北部晚赛诺期孢粉组合后指出被子植物此时的含量可高达 60%～90%。由上述组合的分析和对比，我们认为本组合尽管有着较多的被子植

物花粉类型，但在含量上尚未达到高峰，故将本组合划归土仑期—赛诺早期沉积。

综上孢粉分析，乌依塔克组的时限为土仑期—赛诺早期。

3. 依格孜牙组的孢粉组合及其时代

该组目前仅发现一个孢粉组合。

希指蕨孢-塞内加尔孢-新疆粉-英吉沙粉组合

(*Schizaeoiporites-Senegalosporites-Xinjiangpollis-Yengjishapollis* assemblage)

本组合重要特征其一是，蕨类孢子居首位（平均 65.7%），以希指蕨类为主。还有 *Ceratosporites couliensis*，*Gabonisporites labyrinthus*（常发现于加拿大西部上白垩统中上部），*Gabonisporis vigourouxii*（多见于赛诺阶），*Multinodisporites* spp.（发现于西伯利亚马斯特里赫特阶），*Cicatricosisporites* spp.，*Impardesispora apivenvucata*，*Triporoletes* spp.，*Nevesisporites* spp. 及 *Taurocusporites segmentatus* 等（常发现于加拿大、美国、俄罗斯及我国晚白垩世地层）。其二，裸子植物花粉平均 19.8%，主要有克拉梭粉，较前一组合明显地减少，而麻黄粉较前组合略有增加（平均为 9%）。其三，被子植物在本组合中含量居第三位，平均含量为 14.5%，共出现 35 个属种，与现代植物科属有亲缘关系的百合粉、柳粉、栎粉、杨梅粉、榆粉、木兰粉、无患子粉、桃金娘粉等属，均可出现于晚白垩世地层中。应特别指出的是在本组合中出现了较多的、首先发现于新疆地区的塔里木乳头三孔沟粉，鸟嘴英吉沙粉和新疆粉等，这些花粉表现出孔沟结构较复杂、个体较大的特征，其结构显然要比前一组合中的被子植物花粉进化。

布拉采娃(Bratzeva，G. M.，1969)所确定的远东地区札维定组上部早、中赛诺期的被子植物花粉的含量为 15%～28%，与本组合在被子植物含量上有一定相似性。俄罗斯土尔盖东南地区上部的三冬期—坎潘期孢粉组合，蕨类孢子占总成分的<1%～32.5%，仍以希指蕨类为主。被子植物占 37%～90.5%，以三沟粉为主，三孔沟粉有一定的含量。与本组合在孢子成分上有一定的相似性，但其被子植物含量高于本组合。

总之，世界各地关于赛诺期被子植物花粉的含量论述各有不同，用其来对比晚白垩世地层时绝不应忽视其地理纬度及沉积环境等条件，为此我们认为本组合尽管它在被子植物花粉的含量较我国其他地区及俄罗斯某些地区略低些，但它出现了一些新的类型，根据孢子和裸子植物的特征，以及地层层序，我们将本组合的时代归为赛诺早、中期。

二、古新统的孢粉组合

1. 阿尔塔什组的孢粉组合及其时代

该组目前仅发现一个孢粉组合。

克拉梭粉-脊榆粉-栎粉-正型粉组合

(*Classopollis-Ulmoideipites-Quercoidites-Normapolles* assemblage)

该组合广泛分布于研究区阿尔塔什组之下部地层，明显地表现出以被子植物花粉和裸子植物花粉占优势（其含量分别为 37%～62%和 32%～57%）。蕨类孢子不占重要地位（一般为 5%左右）的特点。本组合最重要的特征是克拉梭粉占明显的优势，成为优势种群；被子植物花粉多种多样，除榆科和山毛榉科花粉含量较高外，无明显的优势种群；与现代植物有亲缘关系的属种大量存在，指示本组合的新生代植物群特征；正型粉类型普遍出现，含量不高，但类型可达 11 个之多；本组合中出现大量的国内、外古新世常见分子。从组合总的面貌上看，可以与哈萨克斯坦费尔干盆地古新世组合进行对比，同时也具有欧洲孢粉植物区和我

国东部古新世孢粉植物区的某些特征。因此，根据这一孢粉组合将阿尔塔什组的时代定为古新世是适宜的。

2. 齐姆根组的孢粉组合及其时代

该组目前也是仅发现一个孢粉组合。

麻黄粉-栎粉-正型粉-山龙眼粉组合（*Ephedripites-Quercoidites-Normapolles-Proteacidites* assemblage）

该组合又可分为两个亚组合。

第1亚组合　聚环水龙骨孢-栎粉-山龙眼粉-裸粉亚组合

（*Polypodiaceoisporites-Quercoidites-Proteacidites-Nudopollis* subassemblage）

该亚组合产于齐姆根组的下段地层中，其主要特征其一是，被子植物占优势，平均为74.6%，蕨类孢子居第二位，平均为14.7%，裸子植物居第三位，平均为10.3%。其二，被子植物中以栎粉（包括亨氏栎粉、小亨氏栎粉）为主要组分，平均达13.8%，其他常见的有榆粉、杉粉、鼠李粉、芸香粉等，值得指出的是在本亚组合中仍出现了古新世常见分子基柱山龙眼粉、密瘤基柱山龙眼粉、盾形南岭粉、小型江汉粉、三角刺三孔粉、密瘤三孔粉、江西五边粉、*Nudopollis*、*Pseudoplicapollis peneserta* 及 *Triatriopollenites* sp. 等成分，它们构成了本亚组合的特征分子。其三，蕨类孢子中以具环水龙骨孢及凤尾蕨孢含量较高，还见数量不多的晚白垩世常见分子，如无突肋纹孢、希指蕨孢、里白孢、索伏孢等。其四，裸子植物较单调以麻黄粉居多，还有少量松粉、云杉粉等。

从上述特征可以看出由于晚白垩世分子的存在，说明本亚组合具有较古老特征，而被子植物中一些典型的晚白垩世特征分子在本亚组合中未见到，大多数类型与现代植物有亲缘关系，说明具新生代植物群的面貌。而在本亚组合中出现的特征分子如密瘤基柱山龙眼粉、盾形南岭粉、三角刺三孔粉、江西五边粉等，它们在国内外除个别可延伸至中、晚始新世外，主要出现于古新世至早始新世。

我国江西池江盆地池三段的孢粉组合，孙湘君等(1980)将其时代划归中古新世晚期，其特征是被子植物占主要地位，其中有一些与本亚组合相同的类型，不同的是本亚组合栎粉较榆粉多；在池三段孢粉组合中占较高含量的蕨类孢子以凤尾蕨孢为主，在本亚组合中则以具环水龙骨孢为主。上述特征表明尽管两者存在着差异，但两者具有很大的共性，因此其沉积时代亦应相近，属古新世沉积。根据孢粉组合分析，我们将第(1)亚组合的沉积时代归于古新世晚期。

第2亚组合　麻黄粉-三孔庭粉-正型粉亚组合

（*Ephedripites-Triatriopollenites-Normapolles* subassemblage）

该亚组合产于齐姆根组上段地层，其主要特征其一是，裸子植物含量最高(25%～82%)，平均为51.6%，被子植物退居第二位(30%～75%)，平均为45%；蕨类孢子平均含量为3.3.%。其二，在裸子植物中以麻黄粉居首位，平均可占48.6%，其他具囊松柏类及杉科花粉含量较少。具不多的雏囊粉。其三，被子植物中以栎粉、栗粉、肋榆粉、朴粉构成了植被的优势种群。仍有在第1亚组合中出现的古新世常见分子山龙眼粉、基柱山龙眼粉、五边粉等，但一些较古老的分子在本亚组合中已消失。其四，三唇孔粉（可达6个属种）、正型粉（可达8个属种）在本亚组合中占据了重要地位。其五，蕨类孢子在本亚组合中含量较少，仅见个别的希指蕨孢等。

从第1、第2亚组合的总特征来看，虽然由于气候变干，麻黄数量有所增加，喜湿的蕨类孢子有所减少，但从被子植物的面貌来看，两者是一致的，仅是第2亚组合的正型粉及三唇孔粉高于第1亚组合。

库科娃(Kulkova, L. A., 1975)等人研究叶尼塞地区古新世孢粉组合后指出其被子植物的主要成分为 Juglandaceae, Myrtaceae, *Corylus* spp., *Alnus* spp., *Quercus* spp., *Proteacidites* spp. 等；三唇孔粉有不少代表，主要为 *Triatriopollenites excelsus* 等；正型粉在组合中起着重要作用，这个组合的时代应与本亚组合相当。

Zaklinskaja, E. D. (1963)在分析哈萨克斯坦中部地区古新世孢粉组合时，曾指出其特征是被子植物占据优势(60%～97%)，以栗属、*Tricolporites* 及 *Tricolporites erdtmanii* 为主，正型粉及三唇孔粉含量较高，正型粉有 *Pseudoplicapollis* spp., *Trudopollis* spp., *Oculopollis* spp. 等共12个属种，三唇孔粉可有4个属种。其被子植物总面貌与本亚组合相似，因而本亚组合的时代属古新世晚期是无疑的。

根据上述两个孢粉亚组合的时代，齐姆根组应属晚古新世沉积。

3. 关于吐依洛克组的时代及白垩系与第三系界线的分析

白垩系与第三系界线的划分是全球敏感的重要地质学问题。通常在陆相地层中划分这一界线时，多以恐龙动物群的绝灭和微古生物群的演化作为主要依据。利用孢粉资料进行划分白垩系与第三系界线在北美、俄罗斯、欧洲以及我国都陆续有所报道，由于近年来世界各地在孢粉植物地理区系研究上取得较大的进展，逐渐发现晚白垩世和老第三纪各孢粉植物区中一些特征分子在划分白垩系和第三系界线上都起着重要的作用。

在欧洲，根据孢粉资料多以正型粉的属种变化、衰退作为划分白垩系和第三系界线的重要依据；在北美、加拿大和西伯利亚则把鹰粉、澳氏粉以及克氏粉、华丽粉(*Callistopollenites*)、雏体双囊粉等晚白垩世特征分子的多寡、衰亡及变化来划分这条界线。

新疆塔里木盆地西南地区海相白垩系和第三系颇为发育。据前人资料，上白垩统英吉沙群自下而上分为库克拜组、乌依塔克组、依格孜牙组和吐依洛克组；老第三系喀什群分为阿尔塔什组、齐姆根组、盖吉塔格组、卡拉塔尔组、乌拉根组及巴什布拉克组。在英吉沙群中除吐依洛克组外其余各组都发现丰富的孢粉化石；其中依格孜牙组孢粉组合具有典型晚白垩世赛诺期特征，蕨类孢子除希指蕨孢占优势地位外，其他还有 *Gabonisporis* spp., *Cicatricosisporites impardecispora*, *Triporoletes* spp., *Taurocusporites segmentatus*, *Nevesisporites radiatus*, *Multinodisporites* spp., *Polycingulatisporites reduncus* 及 *Rugubivesiculites* spp. 等都是世界各地晚白垩世重要分子；在被子植物花粉中出现了 *Cranwellia* spp., *Orbiculapollis* spp. 等晚白垩世常见分子，还出现 *Yenjisapollis* spp., *Xinjiangpollis* spp. 及 *Papillotricolsporites* spp. 等晚白垩世地方性特征分子；毫无疑问，这是一个典型的晚白垩世孢粉组合。在喀什群的阿尔塔什组中也分析出丰富的孢粉化石，该组合主要特征是 *Classopollis* 花粉占据明显的优势，被子植物花粉多种多样，与现代植物有亲缘关系的属种大量存在，本研究区古新世普遍开始出现的正型粉，在组合中最多可达11个属种，其他一些国内外古新世常见分子也频繁出现，如 *Ulmoideipites tricostatus*, *U. křempii*, *Echitriporites trianguliformis*, *Tricolporopollenites rugosus*, *Nanlingpollis* spp., *Rhoipites* spp., *Proteacidites* spp., *Echitriporites* spp. 以及 Normapolles 的一些属种等；总之，这一孢粉组合反映了中亚地区以及我国许多地区古新世孢粉组合的特征，其时代归早、中古新世是适宜的。

前人资料划为上白垩统顶部的吐依洛克组岩性为一套棕红色泥岩、膏泥岩夹石膏及夹薄层灰岩。虽然在吐依洛克组中未发现孢粉化石，但根据与邻区塔吉克盆地早古新世阿克得亚尔层对比，将吐依洛克组划为老第三系更为合适。因此，将塔里木盆地西南缘白垩系和第三系的界线划在依格孜牙组和吐依洛克组之间是可取的。

第四节　双壳类生物地层

研究区内晚白垩世—老第三纪地层产有丰富的双壳类化石，固着蛤和牡蛎类尤其发育，数量和种属繁多，常形成生物灰岩和介壳层。蓝琇等(1992)曾在上述地层中划分出 12 个双壳类组合。

涉及与白垩系—第三系界线有关的岩组主要有依格孜牙组、吐依洛克组、阿尔塔什组和齐姆根组。

依格孜牙组产有丰富的双壳类化石——固着蛤类(Rudosts)。它是从侏罗纪晚期兴起的一类引人注目的双壳类，至白垩纪末期全部绝灭，主要分布于特提斯海域，为一特化的双壳类。该组的这种双壳类主要分布于昆仑山前缘地区，本次从阿克彻依、乌依塔克等剖面采集到大量固着蛤化石，经鉴定主要有 *Biradiolites*、*Duramia*、Caprinidae、*Sauvagensia* 等属。其中 *Biradiolites boldjuanensis* 为中亚塔吉克盆地和东帕米尔马斯特里赫特阶顶部的带化石；*Duramia* 和 *Sauvagensia* 二者均为白垩纪特有的属，前者广泛分布于亚美尼亚、阿塞拜疆、塔吉克等地和欧洲、北美、墨西哥、牙买加、亚洲某些地区的海相白垩系；后者常见于亚美尼亚、阿塞拜疆、格鲁吉亚、西南欧、北非及美洲白垩系。

此类双壳类化石在依格孜牙组中上部甚丰，常呈固着礁体状，至顶部完全消失，在该组之上的地层中均未见该类化石出现。固着蛤类化石在白垩纪末期全部绝灭，是划分海相白垩系与第三系界线的可靠标志。据 Kauffman E. G. (1979)的研究，这种在双壳类中兴起的最奇特适应型的固着蛤成珊瑚状、礁状或形成骨架结构。具有大型固着的杯状下壳和特别小并呈盖状的游离壳(上壳)，可能由于海洋表面的有害环境对其大悬浮游幼虫的不利影响和白垩纪末期气候变冷及广泛的海退，使在白垩纪发展达到顶峰的整个固着蛤超科在白垩纪末绝灭。

到目前为止，在吐依洛克组还未见有双壳类化石产出。

在阿尔塔什组中产有双壳类 *Corbula* (*Cuneocorbula*) *angulata*, *C.* (*C.*) *asiatica*, *Corbis montensis* 等，这是贫齿目的分子，与依格孜牙组厚齿目的固着蛤间存在着目一级的差异，反映了截然不同的生物面貌。

在齐姆根组中富含牡蛎，主要有：*Ostrea bellovacina*, *Flemengostrea hemiglobosa*, *Pycnodonte cemelus*, *Panopea* cf. *vaudini* 等。均为费尔干盆地古新统上部布哈尔层的常见化石。*Ostrea bellovacina* 还广布于英国、比利时、法国巴黎盆地上古新统坦尼特阶中。

中亚地区费尔干、塔吉克、阿莱依等盆地与塔里木盆地西部在中、新生代同属特提斯东部地区(图 3—10)，在沉积序列和古生物类型上有许多相似之处，可以互相对比、印证，上述三个地区的晚白垩世马斯特里赫特阶均产有丰富的固着蛤化石，其中 *Biradiolites boldjuanensis* 带与塔里木盆地完全可以对比。固着蛤灰岩之上的古新统下部在费尔干盆地称做戈兹纳乌组，在塔吉克盆地和阿莱依地区称作阿克德才勒斯组，岩性为红色砂质泥岩、

白云质灰岩夹浅黄色石膏，与吐依洛克组相当。其上的布哈尔组，三地区均产有与阿尔塔什组完全可以对比的双壳类化石。1975 年以后，据俄罗斯有关资料报道，相继发现了与上覆布哈尔组相同而不同于马斯特里赫特阶的双壳类化石：*Corbula* (*Cuneocorbula*) *asiatica*，*C.* (*C.*) *angulata*，*Corbis montensis*，*Turritella montensis* 和 *Calypotrea montensis*，从而证明了戈兹纳乌组和阿克德才勒斯组属于丹尼阶。与这两个组相当的塔吉克西部的土库曼地区灰岩夹石膏层中产有古新世丹尼阶的浮游有孔虫 *Globorotalia conicotruncata* 和 *Globigerina fringa*；在土兰台坪丹尼阶同时产有 *Corbis montansis*，*Turritella mariae* 及古新世浮游有孔虫 *Globorotalina angulata* 和底栖有孔虫 *Cibicides leetus*。在我国西藏岗巴地区上白垩统顶部宗山组亦为固着蛤灰岩，产有 *Plagioptychus tibetica*，*Bournonia haydeni*，*B. tibetica* 等。在古新统丹尼阶的基堵拉组固着蛤绝灭，而出现了面貌完全不同的双壳类化石：*Pholadomya clathrata*，*Mytlus arrialoorensis*。有孔虫也从底栖大有孔虫转变为底栖小有孔虫(万晓樵，1987)。

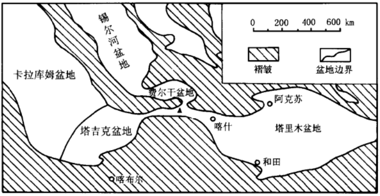


图 3—10 塔里木盆地与中亚地理位置略图

▲ 阿莱依谷地

(据新疆石油管理局，1981；略有修改)

表 3—5 总结归纳了本区与同属特提斯海域的中亚和西藏等地区白垩系和第三系界线附近岩组中所含双壳类的种类和对比情况。从上述分析和表 3—5 中可以看出本区的依格孜牙组与中亚费尔干、塔吉克、阿莱依三地区的马斯特里赫特阶和西藏岗巴地区的宗山组完全可以对比，它们共同含有固着蛤类化石，而且在顶部该类化石完全绝灭。吐依洛克组则可以同费尔干盆地的戈兹纳乌组、塔吉克盆地和阿莱依谷地的阿克德才勒斯组以及西藏岗巴的基堵拉组对比。它们都是全球性海退期的产物，岩性也可以对比。

因此，从双壳类的生物地层分布和时代分析，本区依格孜牙组的时代当属马斯特里赫特期，吐依洛克组属于古新世早期丹尼期。这两者之间存在一条明显的生物绝灭的界线。因而，白垩系与第三系的界线应该从上述两组之间通过。

表 3—5　塔里木盆地西南地区与中亚地区、西藏地区海相白垩系和第三系界线地层双壳类对比表

时代	层位	塔里木盆地西南地区	费尔干盆地		塔吉克盆地		阿莱依谷地		西藏岗巴	
古新世	齐姆根组	*Pycnodotes camirus* *Flenmengostrea hemiglobosa* *Ostrea bellovacina* *Brachidontes elegans*	布哈尔组	*Ostrea bellovacina* *Brachidontes elegans*	布哈尔组	*Pycnodontes camirus* *Flenmengostrea hemiglobosa*	布哈尔组	*Flenmengostrea hemiglobasa*	宗浦组	
	阿尔塔什组	*Brachidontes jormenjwi* *Corbula(Cuneocorbula)asiatica* *C.(C.) angulata* *Pycnodontes(Pygraea)antiqua* *Pholadmya konincki*	石膏组	*Corbula* (*Cuneocorbula*) *asiatica* *C.(C.)angulata* *Ostrea bellovacina*	石膏组	*Corbula* (*Cuneocorbula*) *asiatica* *C.(C.)angulata* *Pycnodontes* (*Phygraea*) *antiqua*	石膏组	*Corbula* (*Cuneocorbula*) *asiatica* *C.(C.)angulata*		
	吐依洛克组		戈兹纳乌组	*Corbula* (*Cuneocorbula*) *asiatica* *C.(C.)angulata* *Lucina depantii* *Calypostrea montensis*	阿克德才勒斯组	*Corbula* (*Cuneocorbula*) *asiatca*	阿克德才勒斯组	*Calypostrea montensis* *Turritella montensis* *Corbis montensis*	基堵拉组	*Pholadomga clathrata* *Mytilus arrialoorensis* *Laevitrigonia* (*Eselaevitrigonia*) cf. *meridiana*
晚白垩世	依格孜牙组	固着蛤类 *Biradiolites boldjuanensis* *Osculigera* sp. *Durania* sp. *Sauvagensia* sp. *Trigonia ferganensis* *T. turkestanensis*	马斯特里赫特阶	固着蛤类 *Biradiolites toucasi* *B. fissicostas* *Apricardra* sp. *Trigonia ferganensis* *T. turkestanensis* *Cassidulus ferganensis*	马斯特里赫特阶	固着蛤类 *Biradiolites boldjuanensis* *Durania* sp. *Sauvagensis* sp.	马斯特里赫特阶	固着蛤类 *Biradiolites boldjuanensis* *B.* cf. *lameracensis* *Orbignya vlasovi*	宗山组	固着蛤类 *Plagioptychus tibetica* *Bournonia haydeni* *B. tibetica*

第五节 生物绝灭与界线划分

一、生物绝灭

一切生命有生必有死。从发生、发展、兴盛走向衰落、绝灭是每一类生物正常的生命历程。衰老的消亡，新生的发展，新陈代谢的自然规律谱写出地球上自生命出现以来，生物界不断进化发展的历史。在地层剖面中既保存着生物界渐变进化的记录，也保存着大量生物突然灾变性绝灭的记录。后者被概括总结为地质历史中生物绝灭事件。明显的生物绝灭事件都发生在一定地质时代的末期，可为深入研究生物演化的规律和理论，划定地层界线，进行大区域以至全球性地层对比，以及探索地质营力活动和自然环境变化与生物界变革的关系，提供大量宝贵依据。生物绝灭事件以集群绝灭为主要特征，对集群绝灭的严格定义迄今尚无统一认识，一般泛指一个地质时代的生物群或者生物群中的某些主要类别在这个时代末期，全球性或者大区域性地迅速绝灭。K. Padian，L. W. Alvarez，T. Birkelund，K. J. Hsu 和 D. M. Raup 等 12 人曾于 1984 年在评论"突发事件对生物辐射和绝灭的可能影响"的集体报告中指出，集群绝灭表现为，在相当短的地质时间内，发生于相当广大的地理区域的物种分异度的明显下降和物种组成上的明显变化。

二、白垩纪末的生物绝灭事件

地层学、古生物学和它们与多个其他有关学科的综合研究表明，在显生宙的地质历史中记录着 5 次最重大的生物绝灭事件，分别发生在早奥陶纪末、泥盆纪末、二叠纪末、三叠纪末和白垩纪末，而以二叠纪末和白垩纪末的最为突出，这可能与这两个纪的结束分别与古生代和中生代的终结相吻合有关。而白垩纪末的生物绝灭事件尤为广布和剧烈。二叠纪末的绝灭命运主要危及海相无脊椎动物，陆生的脊椎动物仅以少数较高级类别的绝灭完成了二叠纪—三叠纪的过渡。白垩纪末的绝灭之灾则普遍危及海生和陆生生物，最引人注目的是在中生代盛极一时、称霸全球的恐龙类，包括它们通过适应辐射进入海洋生境的鱼龙类和进入空中生境的飞龙类，全部集群绝灭。海洋无脊椎动物中，对侏罗系和白垩系具有重要划分和对比意义的菊石类和繁盛于马斯特里赫特期的双壳纲固着蛤类伴随白垩纪的结束而绝迹。箭石和海胆的中生代类群在白垩纪末急速消亡，它们的新生代类群到接近丹尼期末才兴起，代表这两个类别的劫后复苏。海洋浮游生物中，浮游有孔虫和钙质超微植物的一些中生代重要类别在白垩纪末几乎全军覆灭。前者如截球虫科（Giobotruncanidae）、轮孔虫科（Rotaliporidae）和沙科虫科（Schackoinidae）集群绝灭；后者，根据哈伊的分类（Hay，W. W.，1977），从侏罗纪或白垩纪开始出现的 17 个科中，11 个科集群绝灭，在丹麦 Schevns Klint 的白垩纪与第三纪界线剖面上，界线层以下以浮游有孔虫为主的微体化石近 200 个种，紧靠界线层之上仅幸存着抱球虫科（Globigerinidae）的两个种，这样巨大的变化体现在厚度仅 30 多厘米的界线层之下，可见生物绝灭事件代表历时短暂的突变事件。

白垩纪末的生物绝灭事件普遍发现于全球许多地区的典型正常浅海沉积剖面，以丹麦的 Schevns Klint 和 Nye Klov 剖面、意大利 Gubbio 地区和西班牙东南部的剖面发育最好、研究最详，自 20 世纪 60 年代晚期开始，深海钻探计划（DSDP）和大洋钻探计划（ODP）相继实施，又在多处深海沉积岩心中发现了白垩纪末生物绝灭事件的记录，更加证明了这一事件的广泛性。

在这类典型剖面中记录生物界急速变革的白垩纪—第三纪过渡层内，普遍出现薄层粘土沉积，其中稀有元素铱元素的含量比它的上下层位高出好几倍以至二三十倍，据此以L. W. Alvarez 为代表的一些学者于1980年提出了"外星撞击说"，从此，对引起生物绝灭事件的原因产生了地内成因说（Terrestrial Causation）和地外成因说（Extraterrestrial Causation）两种解释。地内成因说认为地球本身的构造运动、火山活动、海平面变化和气候变化等都是导致生物绝灭的主要原因；地外成因说提出，由于地外星体，如小行星与彗星等撞击地球产生危害生物生存的因素而导致白垩纪与第三纪之交的生物绝灭和沉积物的地球化学异常。尽管学术界对两个假说的认识和评价还有很多矛盾与分歧，但自20世纪80年代以来，各家都以生物绝灭事件和地层中的地球化学异常（稀有金属元素铱、锇的异常，稀土元素和微量元素的异常），作为研究和确定白垩系—第三系界线的重要依据。

三、研究地区白垩系—第三系的界线划分

本项目研究的塔里木盆地西南地区是我国白垩纪—第三纪海相地层发育的极少数区域之一，经过百余年，特别是近半个世纪以来，中外学者的探索研究，虽建立了较为完整的白垩纪—第三纪地层系统，但它代表一套滨海相海湾、潟湖沉积，岩相变化频繁，地层连续性差、古生物化石较少，尤其缺少具有重要层序划分和环境研究意义的浮游类群，因此，长期以来，仅采用简单的岩性地层学方法，根据岩性变化和假整合或不整合接触关系将上白垩统与老第三系的界线人为地划在吐依洛克组和阿尔塔什组之间，未能确定一条符合地质历史真实的自然界线。这次我们在阿克彻依、阿尔塔什和乌依塔克等剖面的依格孜牙组中找到丰富的固着蛤类化石，以 *Biradioliters*、*Duramia*、*Sauwagensia* 等属为主要代表，其中 *Biradioliles boldjuanensis* 为中亚塔吉克盆地和东帕米尔马斯特里赫特阶顶部的带化石。这个固着蛤动物群在依格孜牙组中上部很繁盛，到该组顶部完全消失，没有延续到吐依洛克组，前人的工作早已确证固着蛤类是海相无脊椎动物中在白垩纪末集群绝灭的重要类别之一，据此可以推断白垩系—第三系间的界线位于依格孜牙组与吐依洛克组之间，对另几个共生类别化石的认真研究又为这种推断提出了多方面的佐证。本地区白垩纪—第三纪的有孔虫化石较丰富，经系统研究按组划分了动物群，动物群中又划分了组合带，依格孜牙组顶部的 *Pseudotriloculina-Ammodiscus-Protelphidium* 组合带继承了其下伏上白垩统各组合带的基本特征，而与吐依洛克组最底部 *Cibicides-Cibicidoides* 组合带的差异甚大，后者重要成分中的 *Cibididoides* 和 *Florilus* 均为始现于早古新世的新生代属。特别是 *Cibididoides* 的代表性种，曾报道于瑞典南部的下古新统和塔吉克盆地古新统下部的布哈尔层，产于 *Globorotalia tadjkstanensis* 带，如众所周知，*Globorotalia* 也是始现于早古新世的最具代表性的中生代浮游有孔虫。在乌鲁克恰特剖面的依格孜牙组介形虫动物群，具代表性的重要种或见于美国的赛诺阶，或产于荷兰的马斯特里赫特阶，据雍天寿报道，阿克彻依剖面中依格孜牙组介形虫动物群，以其重要属种与欧美对比，时代应属晚白垩世中、晚期。库孜贡苏、巴什布拉克和阿尔塔什等剖面中吐依洛克组的介形虫动物群均具老第三纪的组合特征，又带白垩纪向第三纪过渡的色彩，在库孜贡苏发育最好，产于有孔虫 *Cibicides-Cibicidoides* 组合带。

对孢子花粉较系统的分析研究表明依格孜牙组的孢粉组合具典型的赛诺期特征，吐依洛克组中没有找到孢粉化石，阿尔塔什组的孢粉组合中含多种被子植物孢粉，与中亚地区及我国许多其他地区对比，其时代应属早、中古新世。

根据本次研究发现的上述生物绝灭事件和生物地层对比资料，我们认为塔里木盆地西

南地区白垩系—第三系的界线应在依格孜牙组与其上覆的吐依洛克组之间，而不是位于吐依洛克组与阿尔塔什组之间。这是一条反映有机界重大变革的自然界线。在厘定这条界线的同时，我们还对库孜贡苏、阿克彻依和阿尔塔什等剖面上，这个界线上下邻近的地层进行了地球化学特征的分析研究，根据稀有金属（铱、锇）、稳定同位素、微量元素、碳酸盐含量等的异常反映，找出了反映无机界突出变革的界线层，基本上与生物界重大变革的界线相符合。

第四章　白垩系与第三系界线地层的地球化学特征

白垩纪与第三纪之交的地质历史剧变与有机界古生物大规模集群绝灭相伴随的还有无机界的地球化学异常。全球许多地方发现了稀有金属、稳定同位素、微量元素、碳酸盐含量等在白垩纪与第三纪之交的短期异常现象，特别是美国物理学家 Alvarez 等(1980)根据在意大利 Gubbio 附近白垩系与第三系界线粘土层中发现的稀有金属铱的异常(比上下层位高出约 30 倍)，提出了外星体撞击地球导致白垩纪与第三纪之交的生物绝灭和地球化学异常的假说。近 20 年来，科学家们针对这一假说进行了诸方面的研究，取得了长足进展。到目前已在全球百余处发现了这一异常，包括海相和陆相地层，并且还发现了含有冲击变质矿物的冲击层。最近地质学家们又在墨西哥 Yucatan 半岛发现了一个隐伏的环形构造，被认为是与白垩纪—第三纪之交外星撞击事件有关的陨石坑，直径可达 200 km 左右(Sharpton 等，1992)。

这种突然发生、在地层中可称为“瞬时效应”的突变性事件越来越受到地层学家们的重视。白垩系与第三系界线事件由天外星体撞击而引发的观点日益受到重视。地层学的一个重要任务是建立各个系之间的界线。以往这些界线主要以生物地层为标准，根据化石带来确定。由于各门类古生物生存的“时间差”导致了界线划分的纷争和难以统一。人们已经发现，化石带不可能是全球性的，它们在一定程度上受到古生物地理分布和在不同生活环境中演化速度差异的局限，实际上是不等时的。即使远洋浮游生物，由其发源中心扩展到全球，也需一段时间，扩展中适应异地环境又需时间。因此，一些物种在世界各地的出现或消失必然穿时。化石带确定的地层界线其地理范围是有限的。而“瞬时”发生的地质事件具全球性或大区域性(至少白垩纪与第三纪之交是如此)和同时性，比常见的渐进演化事件具有更大的对比意义。

Alvarez 等(1980)在《Science》杂志上发表的题为“白垩纪与第三纪生物绝灭的地外成因：实验结果与理论解释”的文章，意外地发现了白垩系与第三系界线的铱异常并提出外星撞击的假说，标志着一种新的理论的产生并对地学界产生了深刻影响。塔里木盆地具有研究和确定海相白垩系与第三系界线的良好条件。通过以往大量生物地层学、岩石地层学、层序地层学等研究，这套地层的层序基本清楚，有争议岩组的时代问题已经基本解决。在此基础上，我们做了一些地球化学方面的测试。除了微量元素、碳氧稳定同位素、稀土元素、铱元素、碳酸钙含量等之外，我们在国内首次做了白垩系与第三系界线的锇同位素测试并取得突破性进展。这为有效地、准确地确定白垩系与第三系界线提供了有力的证据。

第一节　碳、氧稳定同位素分析

稳定同位素在恢复古环境，尤其是在恢复古温度、古盐度、确定地层事件界线、探索生物绝灭等诸方面有着重要作用，可以提供丰富的量化地质信息。因此，稳定同位素研究已经成

为新兴的化学地层学和古海洋学的支柱之一。

稳定同位素研究的原理明确、数据具体、成岩作用影响较小，可以广泛应用于显生宙以来特别是中、新生代地层的研究。Urey(1947)根据热力学原理，利用生物化石骨骼的$^{18}O/^{16}O$恢复古温度并在1951年发表了测定的数值结果，这在地学界引起了轰动。此后，利用岩石、矿物、化石作为载体，测试其中的稳定同位素值并进行研究分析，取得了很大进展。目前，碳氧稳定同位素是该项研究的主要内容之一。其结果主要应用于两个方面，一是测定地史时期古海洋水体的温度、盐度；二是确定重大地质界线和划分对比界线地层。这两点分别称为稳定同位素的温度效应和年代效应。

一、样品和分析方法

本次研究的样品采自3个剖面，一是天山前的库孜贡苏剖面，以吐依洛克组为主，还包括依格孜牙组顶部26 m和阿尔塔什组下部约80 m的地层；二是昆仑山前的阿克彻依剖面，以吐依洛克组为主，还包括依格孜牙组上部50 m的地层；三是昆仑山前的阿尔塔什剖面，共做了库克拜组—齐姆根组6个组的45个样品分析。样品由国家地震局地质所测定。方法是将处理好的样品在真空条件下以103%的正磷酸与样品进行化学反应，净化后，再收集和提取反应产物CO_2气体。采用MAT251稳定同位素质谱仪测其δ值(相当于PDB标准)。

二、分析结果和讨论

1. 库孜贡苏剖面

库孜贡苏剖面白垩系与第三系界线地层的碳、氧稳定同位素分析结果列于表4—1，并示于图4—1。从图表所示可以看出很明显的变化规律。从$\delta^{13}C$值来看，白垩系依格孜牙组顶部26 m所做的8个样品，其$\delta^{13}C$值全为正值，变化幅度不大，介于3.74‰～4.63‰之间，反映了较为稳定的海相环境。在吐依洛克组底部$\delta^{13}C$值存在着显著的负异常。该组最底部的KT58号样品的$\delta^{13}C$仍为正常值，与依格孜牙组一致，但岩性由灰岩转为碎屑岩，表明了$\delta^{13}C$值不随岩性不同而改变。在该组底部2 cm处和18 cm处，$\delta^{13}C$值出现了贫化期，即向负值方面偏移和跌落。该值变化范围介于－0.08‰～－0.34‰之间。与下伏地层的KT58样品$\delta^{13}C$的值相差4.18‰～4.44‰。随后$\delta^{13}C$值在吐依洛克组和阿尔塔什组下部又恢复正值，其变化范围在2.59‰～7.80‰之间。反映劫后复苏的古海洋环境又转向正常。这里所说的正常，不是指正常海相，而是$\delta^{13}C$值又恢复了在古海洋的正常数值。从上述分析可以得出这样的结论，$\delta^{13}C$值的负峰值出现在吐依洛克组底部2 cm处，而不是出现在阿尔塔什组底部(这从所做的几个剖面的碳、氧稳定同位素值中得到验证)。吐依洛克组与依格孜牙组之间存在着一次地质事件，它打破了古海洋水体中地球化学配制的稳定平衡状态，从而导致整个古海洋中生物链之破坏，引起生物集群绝灭。

白垩系与第三系界线地层碳同位素异常变化是全球各地普遍存在的现象，变化的总趋势是由正值偏向负值，或由大变小，平均变化幅度为3‰～4‰左右(许靖华，1985)，$\delta^{13}C$值突变转折点或中点与年代地层单位(即白垩系与第三系界线)相一致(Remein和Smit，1981)。国内外许多研究证明，全球白垩系与第三系界线地层$\delta^{13}C$的负异常相互关联，这种关联具有全球等时性。许靖华(1985)认为，在数十年之内的某些因素就可以造成海洋中的$\delta^{13}C$贫化。D. A. Russell(1979)估计白垩系与第三系界线事件短暂，约在1ka～1.5 Ma之间。它实际上代表了全球的一个等时面。同时，这种稀有事件在地层对比中显示出自然的、非人为的界线特征，也就是说，利用这一事件划分出的地层界线是一条自然界线，全球可以

表 4—1　库孜贡苏剖面白垩系与第三系界线地层碳、氧稳定同位素值表

时代	层位	取样距离 m	样品号	岩　　性	$\delta^{13}C_{PDB}$/‰	$\delta^{18}O_{PDB}$/‰
古新世	阿尔塔什组	160	KA85	灰黄色泥灰岩	7.25	−1.05
		120	KA80	灰黄色钙质泥岩	7.80	−1.02
	吐依洛克组	60	KT78	杂色泥岩	6.92	−0.99
		45	KT75	黑色泥岩	6.21	−0.81
		44	KT74	棕红色泥岩	6.48	−0.78
		29	KT72	灰黑、灰绿钙质泥岩	5.98	−1.03
		11	KT67	灰绿色、灰质砂岩	3.54	−1.35
		9	KT62	灰绿色钙质泥岩	2.59	1.26
		0.18	KT59	钙质泥岩	−0.08	0.62
		0.02	KT58B	灰绿色钙质泥岩	−0.34	0.76
		0.01	KT58	灰绿色钙质泥岩	4.10	0.41
晚白垩世	依格孜牙组	0.01	KY57B	灰色泥灰岩	4.33	0.58
		0.05	KY57	灰色灰岩	4.63	−0.36
		0.15	KY56	灰黄色灰岩	4.28	−0.48
		0.25	KY53	灰黄色灰岩	4.11	−0.55
		2.15	KY47	灰红色灰岩	4.53	−0.27
		3.75	KY45	灰红色灰岩	3.74	−0.94
		22.0	KY37	灰褐色灰岩	3.92	0.09
		26.0	KY35	灰褐色灰岩	4.47	−0.04

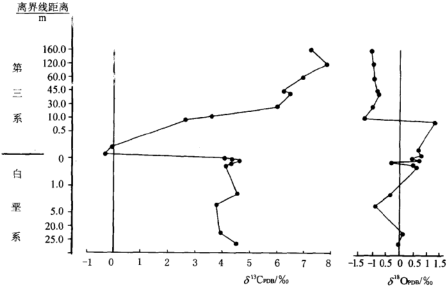


图 4—1　库孜贡苏剖面白垩系与第三系界线附近碳、氧同位素数值变化图

对比。库孜贡苏剖面的 $\delta^{13}C$ 负异常完全可以同世界其他地区相对比，这个变化不是偶然和区域性的事件，而是全球白垩系与第三系界线 $\delta^{13}C$ 异常在本区的反映。它为本区将白垩系与第三系界线划在依格孜牙组和吐依洛克组之间提供了可靠的佐证。

2. 阿克彻依剖面

阿克彻依剖面白垩系与第三系界线地层的碳、氧稳定同位素分析结果列于表 4—2，并示于图 4—2。该剖面的 $\delta^{13}C$ 值同样显示出与库孜贡苏剖面相同的变化规律。所做的白垩系依格孜牙组上部的 11 个样品，$\delta^{13}C$ 值全在正值范围，其数值介于 2.76‰～4.91‰之间，反映当时的环境处于稳定而正常状态。同时吐依洛克组所做的16个样品中，有15个在正值

表 4—2 阿克彻依剖面白垩系与第三系界线地层碳、氧稳定同位素值表

<table>
<tr><th>时代</th><th>层位</th><th>取样距离
m</th><th>样品号</th><th>岩性</th><th>$\delta^{13}C_{PDB}$/‰</th><th>$\delta^{18}O_{PDB}$/‰</th></tr>
<tr><td rowspan="16">古新世</td><td rowspan="16">吐依洛克组</td><td>27</td><td>ADT124</td><td>棕红色灰质泥岩</td><td>2.45</td><td>−4.54</td></tr>
<tr><td>21</td><td>ADT123</td><td>灰红色条带状灰岩</td><td>3.10</td><td>−3.49</td></tr>
<tr><td>20.1</td><td>ADT122</td><td>杂色层状粉砂质灰岩</td><td>3.19</td><td>−3.19</td></tr>
<tr><td>19.6</td><td>ADT121</td><td>棕红色纹层灰质粉砂岩</td><td>3.07</td><td>−3.13</td></tr>
<tr><td>18.6</td><td>ADT120</td><td>杂色纹层灰质砂岩</td><td>2.04</td><td>−4.18</td></tr>
<tr><td>18.1</td><td>ADT119</td><td>灰绿色泥灰岩</td><td>2.25</td><td>−2.85</td></tr>
<tr><td>17.6</td><td>ADT118</td><td>杂色纹层砂屑灰岩</td><td>3.18</td><td>−4.06</td></tr>
<tr><td>17.1</td><td>ADT117</td><td>灰色生物屑灰岩</td><td>2.56</td><td>−3.49</td></tr>
<tr><td>9.5</td><td>ADT114</td><td>灰紫色含砂白云岩</td><td>3.29</td><td>−0.15</td></tr>
<tr><td>6.3</td><td>ADT111</td><td>灰色含泥钙质砂岩</td><td>−0.33</td><td>−0.20</td></tr>
<tr><td>3.5</td><td>ADT108</td><td>薄层钙质细砂岩</td><td>3.69</td><td>3.84</td></tr>
<tr><td>2.5</td><td>ADT106</td><td>含泥白云质灰岩</td><td>3.24</td><td>1.68</td></tr>
<tr><td>0.85</td><td>ADT101</td><td>红色泥质细砂岩</td><td>3.56</td><td>4.44</td></tr>
<tr><td>0.45</td><td>ADT99</td><td>红色含铁泥质白云岩</td><td>3.59</td><td>4.05</td></tr>
<tr><td>0.05</td><td>ADT97</td><td>红色泥质白云岩</td><td>3.46</td><td>3.31</td></tr>
<tr><td>0.01</td><td>ADT96</td><td>紫红色薄层含泥白云质灰岩</td><td>3.51</td><td>−0.52</td></tr>
<tr><td rowspan="11">晚白垩世</td><td rowspan="11">依格孜牙组</td><td>0.01</td><td>ADY95</td><td>灰色薄层生物屑团块白云质灰岩</td><td>3.22</td><td>−1.07</td></tr>
<tr><td>0.05</td><td>ADY94</td><td>灰色生物屑白云质灰岩</td><td>3.55</td><td>−2.03</td></tr>
<tr><td>0.13</td><td>ADY93</td><td>灰色薄层生物屑团块灰岩</td><td>3.98</td><td>−4.00</td></tr>
<tr><td>0.24</td><td>ADY92</td><td>红色薄层生物屑团块灰岩</td><td>3.58</td><td>−3.77</td></tr>
<tr><td>0.33</td><td>ADY91</td><td>红色薄层含铁生物屑团块灰岩</td><td>4.91</td><td>−1.30</td></tr>
<tr><td>0.35</td><td>ADY90</td><td>红色薄层灰岩</td><td>3.33</td><td>−1.85</td></tr>
<tr><td>1.35</td><td>ADY89</td><td>棕红色含藻类屑泥晶白云质灰岩</td><td>2.82</td><td>−0.47</td></tr>
<tr><td>1.4</td><td>ADY88</td><td>棕红色藻屑灰质白云岩</td><td>3.49</td><td>0.42</td></tr>
<tr><td>1.7</td><td>ADY87</td><td>红色薄层泥晶白云质灰岩</td><td>3.32</td><td>0.52</td></tr>
<tr><td>4.50</td><td>ADY86</td><td>红色生物灰岩</td><td>2.79</td><td>−1.11</td></tr>
<tr><td>50.1</td><td>ADY74</td><td>红色生物灰岩</td><td>2.76</td><td>−2.50</td></tr>
</table>

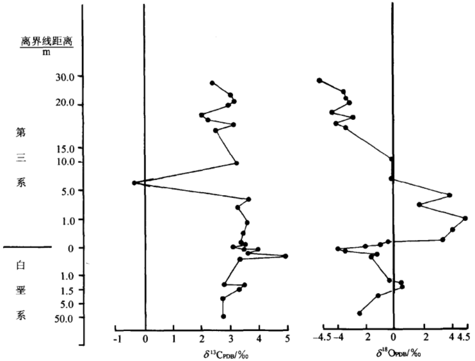


图 4—2 阿克彻依剖面白垩系与第三系界线附近碳、氧稳定同位素数值变化图

范围之内，其数值介于 2.25‰～3.59‰之间，反映了当时的碳同位素在海水中的配制处于平衡状态。突出的是，在位于吐依洛克组底部 6.3 m 处 ADT111 号样品，其 $\delta^{13}C$ 值有一个突然的负异常，出现了 −0.33‰的最低值，这与其在样品 $\delta^{13}C$ 的正值形成了巨大反差，它与上、下层位 $\delta^{13}C$ 的值偏移范围达 3.62‰～4.02‰。这一偏移范围与国内外其他白垩系与第三系界线的数值是一致的。它反映了当时古海洋水体的水地球化学的配制曾受到一次严重的破坏，失去了以往的平衡态，而处于不稳定态，但很快又恢复正常的平衡态。从本区和全球其他地区的研究结果分析，碳稳定同位素能以微小的丰度变化很好地记录地质转换时期的重大变化，且记录的信息不易被后期地质作用所改变，这与碳稳定同位素的分馏作用有关。因此，碳同位素的稳定性是作为年代地层标志的关键所在。

该剖面 $\delta^{18}O$ 数值也有一个明显的变化，即在该组近中部开始出现自古新世以来的低值带(OMZ)，由正值转为负值，反映了当时海水中较轻的 ^{16}O 有一个较大的上升。这与 Keller 等(1993)所做的突尼斯 El Kef 白垩系与第三系界线层型剖面的情况有相似之处。他们认为 OMZ 导致了有选择性的底栖生物群的绝灭并且对浮游生物带也有明显的影响。这些现象可能与白垩纪—第三纪之间天体碰撞引起全球海洋变化有关。

本区所做的 3 个剖面(阿尔塔什剖面的情况后述)在马斯特里赫特阶上部，碳、氧稳定同位素变化不大，指示了直到晚白垩世末期之前的古海洋稳定的古环境条件，没有发现有界线事件的预兆。全球其他地区也呈现出相同的情况，如 Romein 和 Smit(1981)所做的法国西南

部Biarritz剖面和西班牙南部Gredero剖面。前者$\delta^{18}O$在事件前表现近乎一条直线,其数值约为$-1.3‰$,$\delta^{13}C$也几乎是一直线,其数值为1.3‰;后者亦是如此,只不过$\delta^{18}O$值为约$-1.8‰$,$\delta^{13}C$约为1.7‰。两者均在白垩系与第三系界线层中有一个突然的跌落,其$\delta^{13}C$值跌落在3‰~4‰之间,然后又恢复正常。又如许靖华(1986)所做的南大西洋DSDP Site 524钻孔资料和Keller等(1995)所做的突尼斯白垩系与第三系界线层型El Kef剖面也出现类似情况。收集到的有关资料此种情况大同小异(无论是海相还是陆相,也不论是深海钻井)。这说明了一个问题,即白垩系与第三系事件在全球的反映是一致的,事件发生之后在很短的时期内又恢复正常。这就为确定地层界线提供了可靠而等时的证据。它优越于用生物地层和岩石地层等方法确立的地层界线,其一,避免了远距离对比的困难,使全球界线对比成为可能;其二,不受岩相和环境的影响,无论陆相和海相该事件标志均存在;其三,有无化石证据不直接影响界线的确定,这就为化石出露连续性好的地层和化石连续性不好甚至缺少化石证据的地层提供了一个均等的确定地层界线的机会。因此,用此法就使得有些没有化石证据或化石较少的地区,长期争论不休的界线问题有希望得以合理解决,而且可信度超过其他方法。我国海相白垩系和第三系出露有限,大部分为陆相盆地沉积,目前用稳定同位素和其他地球化学方法确定事件层从而达到识别和划分白垩系与第三系界线的目的日益受到地层学家们的重视。此类研究成果也日益增多,也为我国确定陆相白垩系与第三系界线展示了良好的前景。

3. 阿尔塔什剖面

阿尔塔什剖面白垩系与第三系界线地层(其中包括上白垩统的库克拜组、乌依塔克组和依格孜牙组以及古新统的吐依洛克组、阿尔塔什组和齐姆根组,以依格孜牙组和吐依洛克组为主)的碳、氧稳定同位素分析结果列于表4—3,并示于图4—3。该剖面的$\delta^{13}C$变化规律同前两个剖面不仅一致,而且更加明显。上白垩统3个组$\delta^{13}C$值除4号样品外全部为正值。库克拜组的5个正值样品$\delta^{13}C$平均值为2.90‰。由于库克拜组的时代为赛诺曼期—土仑期,正值全球中白垩缺氧事件发生的时期,4号样品为灰黑色页岩,其$\delta^{13}C$值为$-1.89‰$,$\delta^{18}O$值为$-6.7‰$,反映了较轻的^{12}C和^{16}O比较富集,海水处于缺氧状态(郭宪璞等,1995)。乌依塔克组的$\delta^{13}C$ 5个样品均为正值,平均值为3.67‰;依格孜牙组采集样品较密,其18个样品$\delta^{13}C$平均值为3.83‰。这说明上白垩统的$\delta^{13}C$值很稳定,波动幅度很小,其平均偏差在0.3‰~0.5‰左右。进入吐依洛克组之后,$\delta^{13}C$值有一个陡然下跌。在该组底部为$-0.21‰$,与依格孜牙组最顶部的2.95‰偏差值达3.16‰;在吐依洛克组底部0.5 m处$\delta^{13}C$值为$-2.55‰$,在该组下部10 m左右达到$-3.88‰$。该组共做8个样品,$\delta^{13}C$平均值为$-1.82‰$,这与上白垩统各组的$\delta^{13}C$正峰值形成强烈反差,与依格孜牙组的平均偏差达5.65‰。吐依洛克组顶部的63号样品开始出现正值,$\delta^{13}C$值为0.55‰,但与白垩纪末期的$\delta^{13}C$值仍差距很大。进入阿尔塔什组逐渐恢复到接近白垩纪的水平。同时,$\delta^{18}O$在依格孜牙组和吐依洛克组之间有一个大的波动,即由1.58‰突然跌为$-6.13‰$,偏差大约7‰。碳、氧同位素的异常,反映了白垩纪—第三纪之交古海洋环境的突变及海洋水体地球化学配比的失衡(表4—4)。

三、碳稳定同位素在白垩系与第三系界线上异常机制的探讨

最早发现白垩系与第三系界线地层$\delta^{13}C$异常的是Bremecke和Anderson(1977)。以后,地学工作者在世界许多地区发现了这一异常(图4—4)。Perch-Nielsen等(1982)指出,

表 4—3　阿尔塔什剖面上白垩统—古新统碳、氧稳定同位素值表

时代	层位	样品号	分析号	$\delta^{13}C_{PDB}$/‰	$\delta^{18}O_{PDB}$/‰	$\delta^{18}O_{SMOW}$/‰
古新世	齐姆根组	AW89	46	1.25	−3.96	26.78
		AW87	45	0.68	−2.74	28.04
		AW86	44	1.92	−3.19	27.57
		AW85	43	−0.78	−3.57	27.18
		AW83	42	−1.24	−3.16	27.60
		AW80	41a	5.43	−5.89	24.78
	阿尔塔什组	AW71	41	1.57	−1.88	28.92
		AW70	39	3.52	−0.46	30.39
		AW65	38	1.45	−2.69	28.97
	吐依洛克组	AW63	37	0.55	−3.02	27.75
		AW60	36	−0.43	−2.94	27.83
		AW58	35	−2.79	−1.93	28.87
		AF35	34	−3.88	−5.71	24.97
		AW56	33	−2.11	−3.58	27.17
		AW55	32	−3.16	−0.95	29.88
		AW54	31	−2.55	−3.95	26.79
		AW53	30	−0.21	−6.18	24.49
晚白垩世	依格孜牙组	AW52	29	2.95	1.58	32.49
		AW51	28	2.35	−1.03	29.80
		AW34	27	3.44	−5.35	25.34
		AW33	26	3.60	−4.62	26.10
		AW32	25	3.07	−6.39	24.27
		AW31	24	3.77	−4.45	26.27
		AW30	23	3.82	−4.60	26.17
		AW29	22	3.73	−4.99	25.72
		AW28	21	3.78	−4.76	25.95
		AW27	20	3.72	−4.80	25.91
		AW23	19	4.15	−5.14	25.56
		AW18	18	3.74	−4.68	26.04
		AW11	17	4.84	−4.39	26.34
		AW9	16	4.67	1.43	32.33
		AW7	15	2.23	−4.94	25.77
		AW4	14	4.99	−2.22	28.57
		AW2	13	4.84	−2.13	28.66
		AW1	12	5.32	−3.43	27.32
	乌依塔克组	AF28	11	3.01	1.15	32.05
		AF27	10	3.81	−2.76	28.01
		AF23	9	3.81	−2.56	28.22
		AF20	8	3.58	−2.58	28.26
		AF16	7	4.15	−4.02	26.72
	库克拜组	AF14	6	2.40	−1.54	29.27
		AF10	5	3.41	−2.74	28.04
		AF8	4	−1.89	−6.70	23.95
		AF5	3	4.54	−3.20	27.56
		AF3	2	6.05	−2.85	27.92

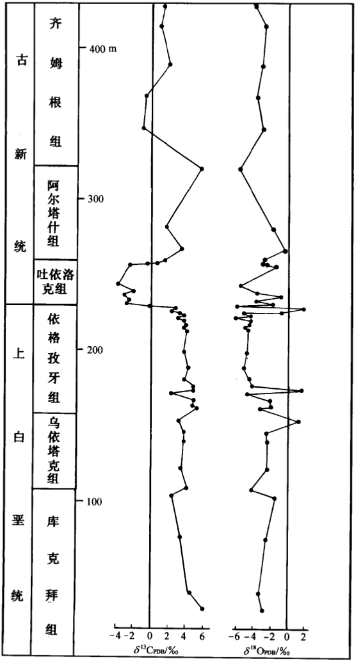


图 4—3　阿尔塔什剖面白垩系与第三系界线地层碳、氧稳定同位素变化图

表 4—4 阿尔塔什剖面库克拜组—齐姆根组碳、氧稳定同位素变化表

层位		分析样品数	$\delta^{13}C$ 均值/‰	$\delta^{13}C$ 变化范围/‰	$\delta^{18}O$ 均值/‰	$\delta^{18}O$ 变化范围/‰
古新统	齐姆根组	6	1.21	−1.24～5.43	−3.75	−5.89～2.74
	阿尔塔什组	3	2.18	1.45～3.52	−1.68	−2.69～0.46
	吐依洛克组	8	−1.82	−3.88～0.55	−3.53	−6.18～−0.95
上白垩统	依格孜牙组	18	3.83	2.23～5.32	−3.61	−6.39～1.58
	乌依塔克组	5	3.67	3.01～4.15	−2.15	−4.02～1.15
	库克拜组	5	2.90	−1.89～6.05	−3.41	−6.70～−1.54

在白垩系与第三系界线之上可能存在两次以上 $\delta^{13}C$ 负异常。许靖华等(1982、1984、1986)发现第一次白垩系与第三系界线 $\delta^{13}C$ 负异常(偏差 3‰)的层位与铱富集层相一致(图 4—5)。俄罗斯、丹麦、西班牙、意大利、墨西哥大洋深海钻探中许多钻探站位、我国西藏等都先后做过白垩系与第三系界线的碳、氧稳定同位素研究,其研究结果与 Bremecke 和 Anderson 的研究结果完全相同(Bucharlt 和 Jorgensen,1979;Boersma 和 Shackleton,1979;Boersma 等,

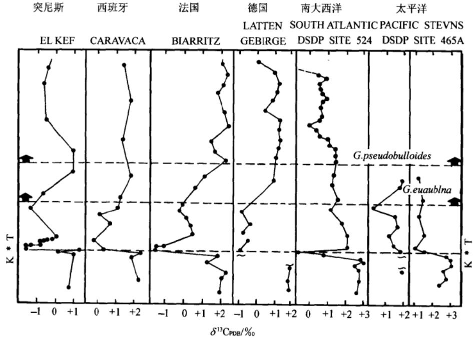


图 4—4 碳稳定同位素在七个深海沉积中的白垩系与第三系界线地层上的变化
(据 Perch-Nielsen 等,1982)

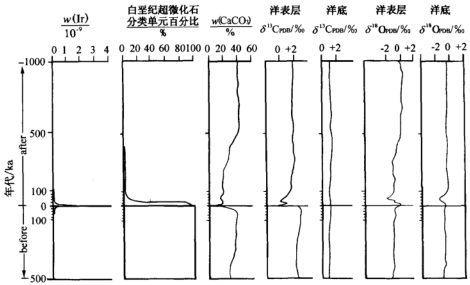


图 4—5 DSDP524 站白垩系与第三系界线的地球化学异常

（据许靖华等，1986）

1979；Letolle，1979；Arthur 等，1979；Scholl 和 Arthur，1980；Romein 和 Smit，1981；周磊等，1986；许靖华，1986；Keller 和 Macleod，1995 等）。陆相地层白垩系—第三系界线也同样显示出突变的趋势。近年来在日本、北美、俄罗斯等国家和地区陆相盆地沼泽相、煤系地层的粘土中相继发现了白垩系与第三系界线的地球化学异常。白垩纪末期为全球范围的海退阶段，我国大部地区已成为陆地，发育内陆盆地。以往在陆相地层中以岩性和接触关系作为划分界线的依据，不易被地学工作者所接受，稳定同位素地层学方法就日益显得重要。叶德泉等(1994)对吐鲁番盆地连木沁陆相剖面做了碳稳定同位素测试，取得了很好的效果。这一剖面白垩系与第三系界线地层的 $\delta^{13}C$ 值平均为－8‰左右，表明了陆相淡水沉积环境。在界线层，$\delta^{13}C$ 有一个明显的负异常峰值，与其他数据之间的最大偏差在 6‰左右。他们认为"该异常经历时间短，是碳同位素异常事件，反映了环境发生很大变化，由图可以看出碳同位素组成也很快恢复到事件以前的状态。因此，碳同位素组成的变化，可以作为地层界线划分的依据"(图 4—6)。

对造成 $\delta^{13}C$ 在白垩系与第三系界线附近异常的机制的认识，目前日趋一致。地学工作者主要是围绕当时的生物圈、水圈和大气圈的碳元素循环、分馏效应及平衡交换寻找答案。

碳在地球本身含量甚微，但在宇宙中是最丰富的元素之一。碳有两个稳定的同位素，它们的原子质量百分比是：^{12}C(98.89%)，^{13}C(1.11%)。碳同位素分馏的动力学效应，主要是光合作用。碳在生物圈中起决定性的作用。白垩系—第三纪之交，天外星体的撞击引起 CO_2 尘埃剧增影响植物光合作用是造成 $\delta^{13}C$ 异常的主要因素。因而，地学家们的兴趣主要放在把沉积物中碳同位素组分的估价作为反映白垩系—第三系之交海洋养料变化的依据。在海洋环境中，碳同位素的分馏作用基本是由于植物尤其是浮游植物的光合-呼吸机制来完成的 。在正常的透光带，植物首先利用溶解在无机碳库中的较轻^{12}C，从而造成透光带中溶解

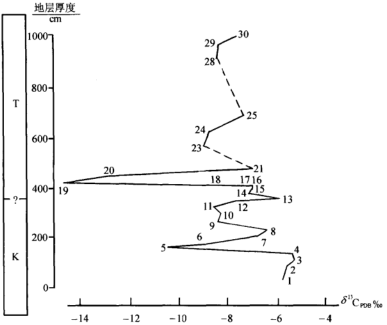


图 4—6　连木沁陆相剖面 K/T 界线附近碳同位素分布图
(据叶得泉等,1994)

的碳酸盐和钙质浮游生物的骨骼中含有更多的较重的^{13}C,形成碳酸盐沉积。当海洋中绿色植物繁盛时,^{12}C 被大量利用,$\delta^{13}C$ 的值为正值。但是,如果海洋植物和浮游生物的繁衍受到抑制,例如急剧减少或完全绝灭,则水体中 $\delta^{13}C$ 就会向负值方向偏移。白垩系—第三纪之交天外星体撞击引起的尘埃滞留在空中,使植物赖以进行光合作用的太阳光辐射到地球的当量大幅度减少,海洋表层水体中正常的碳同位素的分馏效应由于植物的光合作用的锐减而减弱甚至消失,使沉积物中 $\delta^{13}C$ 值迅速向负值方向移动。$\delta^{13}C$ 的负异常打乱了以往海洋中的碳元素的平衡系统,会引起连锁反应。其一是海洋水体生物链中最基础的植物和浮游生物的聚减乃至绝灭,使得建立在这个基础上的异养生物由于食物匮乏而减少甚至产生集群绝灭;其二是过量腐败的有机物导致海洋水体缺氧和海底碳酸盐的溶解,产生强还原环境使有机质富集。许多地区白垩系与第三系界线为一层暗色粘土,有机碳含量高出邻近沉积物 4～5 倍(许靖华,1985),证实了这一点。

上述两点在塔里木地区都有所表现。

四、本区白垩纪—第三纪之交古温度变化证据

前文已述及,稳定同位素具有环境效应。我们知道,海洋水体重碳酸盐溶液中的碳酸钙的缓慢沉积是一种平衡过程,固体碳酸盐的同位素成分是由溶解的重碳酸盐中的^{13}C 含量、水中^{18}O 含量和水温来决定的。通过分析碳酸盐中的^{13}C 和^{18}O 的含量就可以揭示出其形成时的环境信息。

氧稳定同位素含量主要与水体的温度相关。因而,氧稳定同位素主要用于古海洋水体温

度的测定。这个方法是 Urey(1947)首先提出的，他先从理论上计算了物质的组分在平衡交换反应中同位素的分馏，然后证明了碳酸盐离子和水在交换中氧同位素的分布值，进而得出该种物质形成时的温度值的可能性。在他之后，Emiliani 和 Epstein(1953、1955)、Craig(1965)等人对古温度的计算做了一系列的研究。在总结前人的基础上，Craig(1965)提出了利用氧同位素计算古温度的经验公式：

$$t=16.9-4.2(\delta^{18}O_{PDB}-\delta^{18}O_{SMOW})+0.13(\delta^{18}O_{PDB}-\delta^{18}O_{SMOW})^2$$

式中，t 为温度；$\delta^{18}O_{PDB}$代表所测试样品碳酸盐中 $\delta^{18}O$ 的数值；$\delta^{18}O_{SMOW}$为海水中 $\delta^{18}O$ 的数值，在推算地史时期的古温度时则为地史时期 $\delta^{18}O$ 数值。

本书利用这一公式对本区白垩系与第三系界线附近各岩组的古温度做了定量分析。在计算之前，有一个十分重要的问题就是地史时期海水的 $\delta^{18}O$ 值不能直接测定。这是能否取得令人满意结果的关键所在。古海洋中的氧同位素成分与现代海洋的氧同位素成分基本相同(Knauth 和 Epstein，1976)，这种推测可能过于绝对化，不一定普遍适用。

目前，世界公认的现代大洋水 $\delta^{18}O$ 的值为 0 左右。但现代大陆冰川和极地冰盖的冰雪中聚集了过量的^{16}O，必然使海水中 $\delta^{18}O$ 值偏高。许多地质时期并不存在冰盖，冰川消融的冰水流回大洋，使大洋海水^{16}O 增加，$\delta^{18}O$ 值便大幅度下降。因此，冰期和间冰期海水中^{18}O的含量有一个较大的波动，据 Craig(1965)的计算，这个波动幅度约为 1.5‰；张理刚(1983)的计算是海水 $\delta^{18}O$ 的值与形成它的海水相比，大约低 2‰。这就意味着如果按冰期大洋海水 $\delta^{18}O$ 的值计算间冰期的海水古温度，就可能造成 6.75～9℃的偏差($\delta^{18}O$ 的千分之一的变化与温度 4.5℃相当)。周廷儒(1982)根据古地理学的研究，指出白垩纪是地球最温暖的时期，没有像现代那样的极地气候和冰盖存在；老第三纪各处的气候都比今日温暖，极地是温带气候。根据这些分析，我们把白垩纪和古新世大洋海水 $\delta^{18}O$ 的值用低于现代大洋 1.75‰计算，即取 $\delta^{18}O_{SMOW}=1.75‰$。

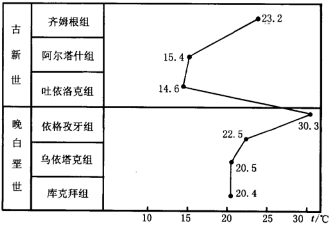


图 4—7　阿尔塔什地区晚白垩世—古新世古温度变化曲线

我们以阿尔塔什地区晚白垩世—古新世的氧同位素数值计算出这一时期 6 个岩组的古温度情况(图 4—7)。可以看出，晚白垩世的温度介于 20～30℃之间，平均温度 23℃。古新世

早期的吐依洛克组即白垩系与第三系界线之上为14.6℃，与晚白垩世最大温差在15℃以上。这说明，老第三纪初期海水温度有一个突然的下降，到古新世晚期才逐渐恢复正常，达到23.2℃。利用沉积物中氧同位素组分判别古海洋的温度是一个有效的方法，特别是在用来进行相对温度变化趋势的比较研究时更是如此。周磊等(1982)利用西藏岗巴地区白垩系与第三系界线附近的沉积物中氧同位素资料计算出铱异常层中温度显著变冷，温度比白垩纪下降可达15℃以上，这与本区的计算数值是一致的。Alvarez 等(1980)及许多地学家认为，撞击事件之后的所谓"黑暗期"会使地球表面的温度很快下降许多度。白垩系与第三系界线铱异常层中这种温度变化的记录在世界许多白垩系与第三纪界线剖面中被发现，如南大西洋DSDP524站下降8～18℃，突尼斯下降幅度大于10℃等，表明了这一温度的显著变化是全球性的。

第二节　稀有金属元素——铱和锇的分析

20世纪80年代以来，科学界对白垩系与第三系界线样品中发现的全球性异常铱的来源问题给予了极大关注。迄今为止，这一事实已被众多科学家所接受。对于异常铱来源的揭示还存在不少疑问，虽然许多人相信曾有一个全球性的事件影响地球，但也有人认为由于对水地球化学了解得很少，以至完全排除了使这些元素富集的地球固有的一些作用是否合理。这些观点连同其他一些论点曾在1981年10月美国犹他州召开的"天体碰撞与地球演化：地质学、气候学和生物学的意义"会议上提出，后来相继又发表过许多研究成果。归纳起来，对铱异常来源主要有3种看法。

1. 地外物质成因

这种看法认为异常铱来自含铱量比地壳物质高出60倍的地外物质。地外体是彗星(许靖华，1982)、小行星(Alrarez 等，1980)，还是陨击(Hildebrand，1991)尚无定论。

2. 火山成因

这种看法的主要依据是1983年夏威夷 Kilauea 火山喷发的气体颗粒物质中发现铱含量很高以及印度德干高地距今30～100 Ma之间的玄武岩喷发，也有类似于 Kilauea 火山物质那样高的铱含量(Officier 等，1985、1987)。

3. 地球化学沉积成因

这种看法认为在低温环境中，铱元素可在氧化还原的地球化学界面处被富集(Keith，1982；Schmitz 等，1985、1988)。

另外，还有人根据在干酪根中发现的铱异常，提出异常铱是否来自生物的绝灭。或是说，生物绝灭导致了铱异常(Schimitz，1988)。但 Wells(1988)马上又提出铱的异常来自于生物本身的可能性很小。

近些年来，对碰撞假说进行检验的探索，集中在判断同位素特征的鉴定上。有关在$^{87}Sr/^{86}Sr$、$^{143}Nd/^{144}Nd$以及$\delta^{18}O$方面的研究有助于确定与所谓的碰撞有关的事件，可是研究结果本身并未为碰撞假说提供明确的证明。人们在探索中发现，富铱界面层中锇的$^{187}Os/^{186}Os$比值可以用来检验该假说的特征(Luck 等，1983)，为确定与碰撞有关的地外事件探索了一种新的检验方法或者称为"示踪剂"。最近的10年中，国际上对白垩系与第三系界线层岩石中的$^{187}Os/^{186}Os$比值测定做了不少研究。国内尚未见关于这方面的报道。本次我们测定了塔里

木盆地西南地区的海相白垩系与第三系界线地层的$^{187}Os/^{186}Os$比值，取得了较好的效果，对界线层所发生的地质事件成因做了进一步的探索。

一、样品和化学分析流程

所做6个样品均采自新疆喀什地区。3个样品采自天山前缘的库孜贡苏剖面，其他采自昆仑山前缘的阿克彻依剖面。具体特征如表4—5。

样品$^{187}Os/^{186}Os$值测定在国家地质测试中心完成。锇的化学分析流程是：称取5～10 g全岩样品，经过Na_2O_3熔融后，热水提取，煮沸。冷却后转移至蒸馏瓶中。用H_2SO_4酸化，用$Ce(SO_4)_2$做氧化剂，蒸馏锇，用水吸收蒸出的SO_4。最后用VG Plasma Quard-Ⅱ Turbo ICP-MS测定锇同位素比值。测试结果列于表4—6。

表4—5　两剖面样品岩性特征表

剖面名称	样　品　号	层　位		岩　性　特　征	距K/T界线距离
阿克彻依	ADT111	古	吐依	灰绿色含泥钙质砂岩	630 cm
	ADT110	新	洛克	灰红色白云质灰岩	520 cm
	ADT109	统	组	棕红色白云质灰岩	430 cm
库孜贡苏	KT59	古	吐依	灰绿色、棕红色钙质泥岩	15～18 cm
	KT58B	新	洛克	灰绿色钙质泥岩	2～5 cm
	KT58	统	组	灰绿色钙质泥岩	0～1 cm

表4—6　新疆喀什地区海相白垩系与第三系界线附近锇同位素比值

样　　名	取样量 g	$^{187}Os/^{186}Os$ $\pm\sigma$	$^{186}Os/^{192}Os$ $\pm\sigma$	$^{187}Os/^{192}Os$ $\pm\sigma$	$^{188}Os/^{192}Os$ $\pm\sigma$	$^{189}Os/^{192}Os$ $\pm\sigma$	$^{190}Os/^{192}Os$ $\pm\sigma$
ADT111	10	4.343±0.400	0.049±0.004	0.255±0.003	0.311±0.008	0.368±0.029	0.698±0.020
ADT110 *	10	9.376±0.769	0.049±0.028	0.366±0.020	0.304±0.034	0.419±0.048	0.674±0.061
ADT109 *	5	7.974±1.600		0.311±0.062	0.294±0.036	0.362±0.060	0.626±0.100
KT59	5	4.062±0.960		0.159±0.040	0.332±0.040	0.368±0.120	0.625±0.111
KT58B	10	4.950±0.113	0.051±0.002	0.271±0.003	0.319±0.001	0.371±0.003	0.665±0.014
KT58 *	10	41.234±6.150	0.049±0.026	1.608±0.240	0.332±0.043	0.360±0.071	0.645±0.073

注：带 * 号样品$^{187}Os/^{186}Os$值是由$^{187}Os/^{192}Os$乘以25.625而得来的。

二、结果的分析和讨论

本次对两剖面白垩系与第三系界线附近的样品采用碱熔分解，酸化后沉淀富集贵金属，等离子体质谱方法做了铱含量的测定。结果发现铱的异常值出现在吐依洛克组。在阿克彻依剖面，异常值出现在该组下部6.3 m处，即ADT111号样品，其铱含量为0.13×10^{-9}；在库孜贡苏剖面，异常值出现在该组底部2.3 cm和15～18 cm处，即分别为KT58B号样品，铱含量为0.15×10^{-9}和KT59号样品，铱含量为0.17×10^{-9}。两剖面其他样品的铱含量均小于0.08×10^{-9}。这一结果与Alvarez等(1982)所做的DSD Leg 39 Site 356海相白垩系与第三系界线层的铱异常值0.16×10^{-9}相似。有关资料显示，全球白垩系与第三系界线层铱含量异常因地而异，差别较大。关键是非界线层位的铱含量背景值的大小。

本区海相白垩系与第三系界线附近全岩中$^{187}Os/^{186}Os$比值特征显著，在界线富铱层(阿

克彻依剖面该层在 ADT111 样品赋存的层位，库孜贡苏剖面该层在 KT58B 和 KT59 两样品赋存的层位）$^{187}Os/^{186}Os$ 比值依次为 4.343±0.400，4.950±0.113 和 4.062±0.960；而非富铱层（除上述 3 样品之外的其他 3 样品）该比值分别为 7.914±1.600、9.3769 和 41.234±6.150。两者之间差异明显，特别是库孜贡苏剖面非富铱层中的 KT58 号样品该比值是富铱层样品的 10 倍。

富铱层的$^{187}Os/^{186}Os$ 比值提供用来直接检验天外事件假说的可信程度。在陨石和地壳体系中，锇通常伴随着铱，锇又是铼（Re）通过 β 衰变而来。^{187}Re 的衰变使得$^{187}Os/^{186}Os$ 比值始终与体系中的$^{187}Re/^{186}Os$ 比值成正比增大。陨石和地幔中的$^{187}Re/^{186}Os$ 比值约为 3.2，从而产生现时$^{187}Os/^{186}Os$ 比值约为 1。地壳中的锇较之铼大为亏损，导致$^{187}Re/^{186}Os$ 比值约为 400，对于约为 2000Ma 的地壳平均年龄来说，现时平均的$^{187}Os/^{186}Os$ 比值应为 10 左右[也有数据表明地壳的该比值在 25.4～35.5 之间（Palmer，1986）]。很显然，根据$^{187}Os/^{186}Os$ 比值，宇宙锇或地幔锇与地壳锇之间的差异应该是可识别的。

本区富铱层与低的$^{187}Os/^{186}Os$ 比值相对应，这些比值明显地低于地壳中的$^{187}Os/^{186}Os$ 比值，更接近陨石和地幔的比值。本区白垩纪—第三纪之交的地层中未见有地幔岩出露，故可以排除锇的地幔来源。那么只有一种解释，即本区锇同位素异常来自天外物质。与国外某些白垩系与第三系界面富铱层$^{187}Os/^{186}Os$ 比值相比较，本区的比值相对较高，如丹麦史蒂文斯的克林特海相这一界面富铱层中$^{187}Os/^{186}Os$ 的比值为 1.65；北美科罗拉多州拉顿盆地陆相这一富铱层该比值为 1.29。Peucker-Ehrenbrink 等（1995）所测太平洋底沉积物中白垩系与第三系界线层的$^{187}Os/^{186}Os$ 值为 2。这可能是由于不同陨石的物质差异或是陨落到地球表面之后受到不同程度地壳锇混染所致。另外，本区当时古海洋环境为滨海—潟湖相，处于不稳定状态，陨石物质在沉积过程中有所流失也可能是造成该比值较大的原因（图 4—8）。

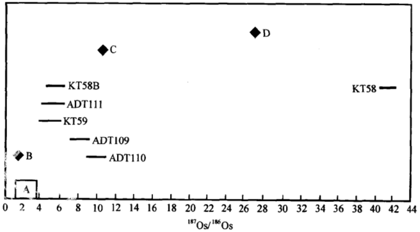


图 4—8 新疆喀什地区海相白垩系与第三系界线附近$^{187}Os/^{186}Os$ 比值

A—大洋中脊玄武岩和深海橄榄岩比值范围；B—丹麦史蒂文斯的克林特海相白垩系与第三系界线层比值范围；C—海底锰结核比值；D—陆壳平均比值

本区界线富铱层中还发现碳、氧稳定同位素、稀土元素和微量元素的异常（见下文），说明当时的古海洋环境和海水地球化学特征发生过巨大变化。海洋生物在界面附近曾发生集群绝灭，如固着蛤类在界线下消失，有孔虫、介形虫和其他生物也在界面附近发生绝灭和剧变，界面上、下的类型截然不同。根据上述分析，本区海相白垩系与第三系界线富铱层$^{187}Os/^{186}Os$比值的异常，说明了异常铱来自地外物质，由地外天体撞击所引发。这为界线附近生物绝灭和劫后复苏提供了可靠诱因证据。根据上述两个剖面铱和锇元素异常并且可以同世界上其他地区对比的事实分析，本区白垩系与第三系界线划在吐依洛克组和依格孜牙组之间是可行的。

第三节　元素分析

各种元素在特定环境中的分布和配制是不一样的，它们随环境变化而呈不同配比。国内外在界线研究中对各种元素的分布尤其是各种微量元素的分布做过不少分析测定，积累了丰富的资料和信息。白垩系与第三系界线的性质已经引起地球化学家的极大兴趣，认为铱、锇、钌等稀有元素的异常不可能是单一现象，既然是天体的碰撞引起上述元素的大量富集，那么在其他元素的分布上必然也会有所反映。除铱等元素之外的微量元素在界线地层上下的变化比较复杂。这可能是由于它们在地化上的活性比铂族元素大，容易受事件后各种地质作用的影响而发生迁移和变化。但是从总体上或从规律上看，亲铁元素、某些亲硫元素在穿越界线的变化上大致与铱的变化相似，上述元素多数也达到极值。多数亲石元素则没有这类对应性。

为了进一步掌握和了解其他元素，尤其是微量元素含量在界线附近的变化，我们对阿克彻依和库孜贡苏两剖面白垩系与第三系界线附近地层元素的分布情况进行了测试分析。岩性主要取泥岩和细砂质泥岩，因为这类岩石对元素的吸附力较强。对上述两剖面共取13块全岩样品，分析了37种常量和微量元素，取得了近500个数据（表4—7）。样品由国家地质测试中心用离子光谱方法测定。

一、亲铁元素在界线附近的变化

在两剖面的铱、锇元素异常层，其他元素亦有明显的变化，尤以钴、铬、镍、钛、锰、钒等亲铁元素的变化最为显著（图4—9、4—10），形成了这些元素演化趋势最醒目的特征。这说明在界线不太厚的地层中富集了诸多元素，同铱、锇元素一样，是界线的显著标志。

从图4—9、4—10可以看出，两剖面白垩系与第三系界线之下这些元素呈平缓的分布模式，变化幅度不大，基本维持一个较低的数值。在界线层及其之上这些元素呈明显的上升趋势。在阿克彻依剖面界线上钴的含量与界线下数值的最大差值可达44倍，其他普遍也高出2～10倍（表4—8）。库孜贡苏剖面的亲铁元素及其他元素普遍有个升高的趋势。所测37种元素有21种都比界线下的数值要高，其中明显的是钴、镍、钍、铁、钛、铍、锂、铅、钪等9种元素，几乎都是界线下数值的10倍以上，最大可达35倍；其他12种元素也比界线下高出2～9倍不等。这么多元素在白垩系与第三系界线附近的异常反映在国内是首次发现，在国际上也不多见。这样一个很薄的界线层中亲铁元素与铱、锇元素呈正相关，说明了这些元素中的某些元素与这两种元素一样来源于天体物质，而地内原因不太可能在如此短的时间内富集这么多的元素。这个金属层代表了一个非常复杂的元素组合，高度集中了化学性质相近或

表 4—7 塔里木盆地西南地区白垩系与第三系界线附近元素含量表

元素 / 样品号	Al	Fe	Ca	Mg	K	Na	Ti	Mn	P	Ba	Be	Co	Cr	Cu	Ga	Li	Ni	Pb	Sr
	$w_B/\%$						$w_B/10^{-6}$												
ADT114	1.05	0.44	16.27	9.62	0.63	0.13	570	166	292	79.0	0.32	2.13	30.4	6.38	2.88	11.6	5.57	20.6	116.6
ADT111	1.12	0.48	31.3	0.61	0.66	0.07	526	127	200	147.1	0.28	1.82	30.5	5.17	3.56	11.8	3.82	34.2	454.3
ADT106	1.34	0.60	17.6	10.8	0.81	0.30	634	136	303	91.7	0.33	1.31	32.4	11.0	1.60	13.3	3.58	29.8	2909
ADT99	1.99	0.99	18.22	9.62	1.26	0.45	869	24.2	354	80.3	−0.3	0.58	34.5	15.3	4.12	20.7	4.97	21.0	144.7
ADT96	1.11	0.45	26.26	4.08	0.67	0.14	566	96.6	215	54.73	0.21	0.39	27.4	25.1	1.30	12.2	2.08	24.1	166.2
ADY95	0.63	0.22	30.62	3.21	0.37	0.088	319	101	212	40.43	0.26	0.92	15.2	3.39	2.33	8.02	3.10	24.4	192.9
ADY90	0.68	0.33	28.41	3.58	0.44	0.072	357	70.2	109	59.07	0.19	−0.2	23.7	14.7	0.28	7.58	1.59	19.6	165.5
ADY86	0.91	0.34	28.72	3.37	0.56	0.10	422	81.9	162	84.7	0.23	0.048	76.2	7.03	−1.9	9.64	1.17	21.2	291.6
KT59	4.33	1.80	8.50	6.18	2.19	0.94	2925	573	737	225.8	0.94	8.12	66.6	8.14	0.011	64.99	20.4	30.6	730.3
KT58B	0.92	0.40	17.83	10.82	0.63	0.67	593	306	272	403.4	0.21	2.64	38.3	16.3	−3.1	14.2	3.28	34.6	792.1
KT58	0.74	0.36	18.54	10.89	0.49	0.61	560	307	249	279.5	0.16	1.79	30.7	13.5	1.43	11.9	4.37	18.4	5458
KY57B	0.39	0.30	18.33	11.04	0.24	0.56	263	317	248	609	−0.05	0.84	26.8	11.1	−2.7	8.77	0.88	19.3	—
KY53	0.90	0.75	17.87	10.78	0.66	0.42	534	308	209	364	0.15	2.30	35.8	12.1	23.7	11.8	7.97	256	6632

续表

样品号 \ 元素	Th	V	Zn	La	Ce	Nd	Sm	Gd	Dy	Y	Yb	Sc	Bi	Cd	Mo	Nb	Ta	Zr
	$w_B/10^{-6}$																	
ADT114	0.17	19.7	24.0	7.0	12.7	12.7	4.01	7.58	0.95	4.81	0.44	2.81	−8.2	1.41	−2.7	133	1.30	16.2
ADT111	1.17	18.6	25.4	5.79	19.2	19.7	6.34	24.4	0.98	4.78	0.47	3.33	−0.9	−0.3	−1.4	−13	2.60	15.4
ADT106	0.79	18.2	22.9	6.20	15.5	42.5	4.15	3.64	0.88	4.49	0.24	3.33	−2.9	1.17	0.36	102	7.27	23.2
ADT99	0.19	78.4	19.4	7.96	13.3	7.58	4.86	—	1.26	5.66	−1.6	4.64	−9.3	−0.7	−1.8	98.4	—	35.7
ADT96	0.44	20.5	39.9	5.63	1.43	12.7	5.65	12.7	0.64	4.15	0.34	2.82	0.55	0.47	0.36	28.3	−0.8	15.1
ADY95	1.84	16.6	13.7	6.01	7.20	19.5	6.72	21.2	0.77	4.41	0.18	3.33	−0.06	0.55	−0.6	31.8	4.04	9.24
ADY90	−2.4	11.9	16.2	3.57	−2.2	13.6	5.91	9.18	0.55	3.78	0.31	2.55	3.51	0.28	−1.7	43.3	3.31	9.31
ADY86	−2.2	9.72	13.4	4.13	10.5	12.3	5.08	11.2	0.25	3.83	0.21	3.07	5.67	0.28	−2.7	48.1	2.03	12.3
KT59	3.63	65.3	187.9	22.3	50.1	16.5	3.92	−34	3.68	15.8	1.43	8.28	−17	−0.03	−3.7	74.2	−5.6	73.5
KT58B	8.34	30.5	341.1	7.27	74.7	24.7	9.82	0.81	2.39	4.47	0.28	2.81	2.44	−0.6	−0.7	115	−1.8	20.4
KT58	−0.7	28.5	12.0	5.34	17.0	9.40	3.57	5.85	1.25	4.42	0.28	2.55	−3.9	1.10	−1.2	123	4.35	20.3
KY57B	−1.3	17.1	9.57	4.23	36.0	9.54	4.37	2.7	1.19	3.64	0.12	2.03	−0.1	0.94	−1.2	126	3.30	12.0
KY53	−1.3	33.1	17.3	5.08	18.5	11.2	3.35	7.64	1.26	3.76	0.31	3.07	16.5	0.82	8.36	19.5	5.28	15.4

注：样品号 A 字头为阿克彻依剖面样品；K 字头为库孜贡苏剖面样品。

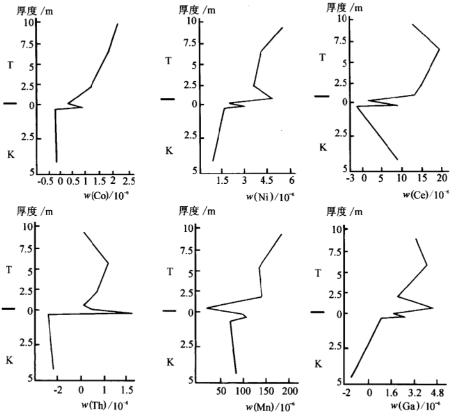


图 4—9 阿克彻依剖面白垩系与第三系界线附近某些元素变化图

表 4—8 两剖面 K/T 界线上下各类元素最大差值

阿克彻依剖面	元 素	Co	Ni	Th	Mn	Ga	Ce	Cd
	含量倍数	44	5	4	2	3	10	5
库孜贡苏剖面	元 素	Co	Cr	Ni	Th	Mn	Ce	Al
	含量倍数	10	2.5	23	12	2	4	11
	元 素	Fe	K	Na	Ti	P	Be	Cu
	含量倍数	6	9	2	11	3.5	20	1.5
	元 素	Li	V	Zn	Sc	Bi	Nb	Zr
	含量倍数	7	4	[illegible]5	12	4	6	6

各异的元素，而这些元素在白垩系中含量甚微或是亏损的，在第三纪之初的地层中却突然剧增。对这些元素的富集原因也有不同看法，范德康等(1986)认为一些元素来自热水溶液或热卤水，另一些则与地外来源有关，这些来源不同的元素在富含泥质的还原环境和宁静的水动力条件下，经历了充分的海解作用，通过有机质的作用而在早期成岩阶段达到了最大的富

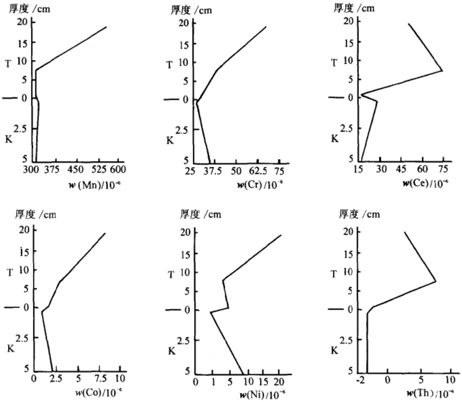


图 4—10　库孜贡苏剖面白垩系与第三系界线附近某些元素变化图

集。自从现代海底热水(热泉)活动的发现,已知某些海域热水对海洋物质的贡献占举足轻重的作用(赵一阳,1985)。因此人们把由于海底热水(热液)作用而导致元素地球化学的变异,建议称之为“元素的热水效应”(赵一阳等,1994)。赵一阳等(1994)在研究中国海洋沉积物中金的丰度和分布时,曾提出冲绳海槽金的富集与海底热水供应有关。近年来越来越多的工作成果表明,热水沉积物多以富集锰、铜、金、银、锝、钼、锑、镉等为特征(Fouquet 等,1988),与冲绳海槽富集的元素组合有相似之处。热水效应的结果使热水沉积物中含有高含量的汞。汞的高含量是海底热水效应的“指示剂”(赵一阳等,1994)。为了进一步查明本区各类元素异常反映的真正起因,我们还选择上述两个剖面中位于白垩系与第三系界线附近的有代表性的样品进行了汞含量的测试(表 4—9)。采用的是原子荧光方法。

从测试的结果可以看出本区白垩系与第三系界线附近沉积物中汞含量很低。我们通过几个数字的对比就可以得出这个结论。已知中国土壤中汞的背景值为 38×10^{-9},长江和黄河沉积物中汞的含量分别为 80×10^{-9}和 15×10^{-9},东海浅海沉积物中汞的含量为 25×10^{-9},而冲绳海槽的汞异常值为 130×10^{-9}。还有资料显示,具有热水活动的海槽汞含量特别高,可达到 $2700\times10^{-9}\sim430000\times10^{-9}$。本区所测试的汞含量数值接近于东海浅海沉积物中

表 4—9　两剖面 K/T 界线上下汞含量值

剖　面	样 品 号	分 析 号	Hg 含量/10^{-9}
阿克彻依	ADT111	282256	16
	ADT110	282245	18
	ADT109	282244	16
库孜贡苏	KT59	282248	26
	KT58B	282247	10
	KT58	282249	18

（由国家地质实验测试中心测试）

汞的含量，而大大低于有热水活动沉积物中汞的含量。因此，可以排除热水效应对本区界线层位沉积物的影响和作用。

用核技术研究陨石撞击处的难熔亲铁元素地球化学行为，从而判明陨击坑的母体是当前天文界和地学界十分关注的课题。Janssens 等人对法国直径近 20 km 的陨石坑的研究是个成功的范例，结果表明锇、铱等的富集依次递增。他们认为这一坑的母体很可能是一块铁陨石。本区锇、铱及亲铁元素的富集反映白垩系与第三系界线层位曾沉积了一次大的陨落作用所激起的陨母体的散落物质。

二、从某些元素的相关性看白垩系与第三系界线附近环境的变化

元素的相关性是沉积物地球化学特征之一，它与沉积时的古海洋环境密切相关。某些元素的相关性是一定环境的指示剂和示踪剂。本次利用化石骨骼（壳体）中的元素分析对阿尔塔什剖面的上白垩统—古新统各组的古环境做了分析。生物壳体的化学成分是在与其生存时的水介质达到某种化学平衡条件下形成的。我们利用有孔虫壳体（全部为钙质微孔壳类型且为同一超科分子）用电子探针方法对壳壁的元素进行了测定（由中国地质大学电子探针室完成），对 $w(Sr)/w(Ba)$、$w(Mg)/w(Ca)$、$w(Al)/w(Si)$、$w(Sr)/w(Ca)$进行了分析（图 4－11）。

1. $w(Sr)/w(Ba)$比值

锶、钡是地壳中分布较广的微量元素。锶钡含量比值主要用于反映古盐度变化，它随着盐度增大而增值。在海洋环境中最大值见于超咸水潟湖，最低值则见于近岸海湾和沼泽。我国浅海沉积物中该比值平均为 0.72（赵一阳等，1994）。从中国沿海各海区情况看，比值在南部海域显著增高，反映了与大洋正常海水的通联程度。从图 4—11 可以看出，上白垩统 3 个岩组的锶钡含量比值介于 0.7～2 之间。古新统齐姆根组的该值也大于 1。而处于白垩系与第三系界线的吐依洛克组该值仅为 0.34，大大地低于正常浅海的数值，与现代渤海的该值相近，渤海该值为 0.38（赵一阳等，1994）。在海水中锶比钙相对富集，许多海洋生物中含有一定量的锶。沉积物中锶的丰度增高主要是海洋钙质生物对锶的贡献。本区上白垩统各组中锶的高丰度与当时生物发育和生物沉积作用活跃有关，生物在贡献钙的同时也贡献了锶。吐依洛克组中相对低的锶含量反映了生物量的减少和不适应性。前文已言及，锶钡含量比主要与盐度有关，吐依洛克组锶钡含量比的低值说明了当时海水的非正常状态，处于一种低温低盐的环境，生物的减少也就可想而知了。

2. $w(Mg)/w(Ca)$比值和 $w(Al)/w(Si)$比值

元素比值不仅可以表明元素含量之间的比例关系，而且依据比值的变化还可以表明元

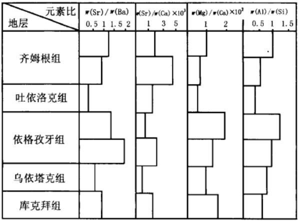


图 4—11　阿尔塔什剖面白垩系与第三系界线上、下 4 对元素含量比值变化图

素的相对富集或分散以及其变化幅度的大小，特别是有些地质体在正常情况下具有一定的元素比值，该值可作为特征值，凡明显超出或低于该值者，即有某些元素的“过剩”或“亏损”，进而可揭示某种地质过程。所以元素含量比值的研究，具有重要的地球化学意义（涂光炽等，1984）。镁钙含量比和铝硅含量比是本次测试最为理想的两对比值。一般来说，它们与水体的盐度呈正相关变化，即从淡水→海水的一系列变化中，出现由低而高的上升趋势。这两个比值的分布形态几乎完全一致，说明它们与当时水体含盐度同步变化。无论从镁钙含量比值还是从铝硅含量比值来看，吐依洛克组的比值都是最低的，反映了该组的低盐度沉积物特征。同时，这两个比值还与温度呈正相关变化，吐依洛克组沉积时海水的温度也是最低的。这与利用氧稳定同位素所计算的结果是一致的。

3. $w(Sr)/w(Ca)$比值

这对比值随海水温度呈负相关变化。其原理是海水温度越高，锶离子的化学活动性越大，发生沉淀的机遇就越小，反之则相反。从这对比值的情况看，吐依洛克组也反映了较低的海水温度。

从上述 4 对元素含量比值的分布情况，可以说明无论从盐度还是温度，吐依洛克组与其他岩相比都有显著不同，意味着该组尤其是白垩系与第三系界线附近从沉积环境、条件和元素的地球化学配制都有过突然的变化。这与前文所反映的情况大体是一致的。

第四节　稀土元素分析

稀土元素在各种地质体中的分布特征是 20 世纪 60 年代以后随着测试方法的进步才逐渐发现的。稀土元素在地壳各类岩石以及陨石、月岩和其他星际物质中普遍存在。由于稀土元素具有稳定性，化学性质相近，离子半径有规则地变化，不同来源、不同形式的岩石具有不同类型的稀土模式。因此，它们在岩石和矿床成因，地球和宇宙演化的研究中获得了广泛的应用，已成为地球化学和宇宙化学研究中不可缺少的工具。稀土元素在元素周期表上居于 57～71 号元素的位置，它是一个连续的地球化学元素组，具体包括 57～71 号的 15 种元素，

再加上化学性质相近的39号元素，一共为16种元素。在地球化学讨论中，一般只考虑前15种元素。按照原子序数的差别可分成轻稀土元素和重稀土元素。

根据表4—7的数据所做出的库孜贡苏剖面的稀土元素含量变化图明显地反映出白垩纪末期和第三纪早期之间在稀土元素丰度上的巨大差异(图4—12)。从所做的镧、钕、钐、

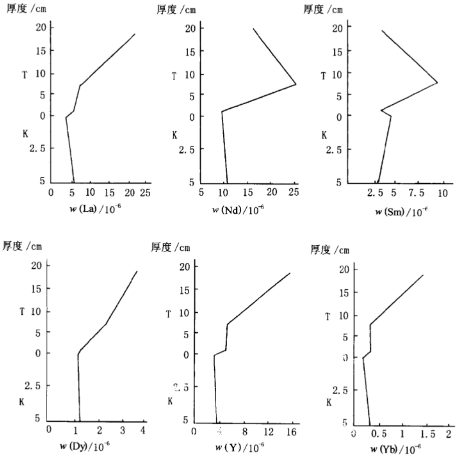


图4—12 库孜贡苏剖面白垩系与第三系界线附近稀土元素含量变化图

镝、钇、镱6种稀土元素含量的变化情况看，白垩纪晚期的曲线较为稳定且数值较低，而进入白垩系与第三系界线之后，这些曲线陡然发生变化，无论是轻稀土元素还是重稀土元素含量均呈大幅度增加的趋势，数值分别为白垩纪的5.5、2.5、3、2.95、4和11倍。稀土元素一般在化学活性上是稳定的，影响地质体稀土元素丰度型式的因素，主要与地质体的发生、发展过程的母源体地球化学特征、物理化学条件和形成机制有关。从塔里木的构造、沉积背景和地质条件看，白垩纪和第三纪没有发生明显的变化，均为前陆盆地的构造背景，母源体的供给是大体一致的。但为什么造成白垩系与第三系之间较大的稀土元素含量差异呢？据王润民(1985)的资料，在同一类型建造中稀土元素在不同时代、不同地区具有极其相似的稀土元素

表 4—10 阿克彻依、库孜贡苏剖面白垩系与第三系界线附近稀土元素测试结果

样品号 分析号	ADT111 277599	ADT110 277600	ADT109 277601	KT59 277602	KT58B 277603 *
La	7.34	7.95	5.50	24.92	6.36
Ce	13.09	13.07	10.08	47.11	10.48
Pr	1.92	2.31	1.59	5.61	1.08
Nd	5.17	6.08	4.35	21.06	4.95
Sm	1.09	1.29	0.88	4.47	0.88
Eu	0.28	0.34	0.26	1.00	0.25
Gd	0.49	0.81	0.82	2.95	0.99
Tb	< 0.30	< 0.30	< 0.30	0.50	0.12
Dy	0.58	1.06	0.66	3.41	0.76
Ho	0.12	0.21	0.12	0.69	0.15
Er	0.32	0.53	0.38	1.94	0.39
Tm	< 0.10	< 0.10	< 0.10	0.27	0.05
Yb	0.25	0.54	0.32	1.78	0.34
Lu	< 0.10	< 0.10	< 0.10	0.25	0.05
Y	4.05	8.06	4.99	29.11	6.52

注:1. A 字头代表阿克彻依剖面;K 字头代表库孜贡苏剖面。2. * 号为等离子质谱结果,其他为等离子光谱结果。3. 单位为 10^{-6}。

配分模式,而有外来物质的带入,如热液带进系统,与海水混合发生沉积才导致稀土元素含量的不同数值。前文已述及本区没有热液活动和热泉补进的迹象,这就暗示外来的天体物质改变了白垩纪—第三纪之交时期的稀土元素含量的配比,从而形成与白垩纪的巨大反差。

为了更准确、具体地反映稀土元素含量的变化,我们又单独测试了白垩系与第三系界线附近的稀土元素含量值,由国家地质测试中心用等离子光谱和等离子质谱方法测定(表 4—10)。

从图 4—13 可以看出阿克彻依、库孜贡苏两剖面白垩系与第三系界线附近样品稀土元素的含量数值与发现铱异常的北美蒙大拿中部陆相 Brownie Butte 剖面白垩系与第三系界线之粘土层中的数值非常相似,其中库孜贡苏剖面 KT59 号样品的数值明显地高于蒙大拿的剖面数值。本地区两剖面的稀土元素型式与俄罗斯 Mangyshlax 剖面的白垩系与第三系界线的样品也很相似。这说明了在白垩系与第三系界线铱和锇异常层中全球稀土元素分布的相似性和普遍性。

稀土元素地球化学的相似性,决定它们彼此之间具有密切的相关性,这从若干稀土元素含量间的相关分析得到进一步证实。稀土元素与其他元素最密切的是钛。这主要是彼此具有相近的地球化学特征,以至在沉积物中稀土元素和钛往往共生。前文已分析,亲铁元素镍、钛、锰等在白垩系与第三系界线附近发生异常变化,相应而言必然导致与钛关系密切的稀土元素的异常分布型式。两者密切正相关在本地区表现得很突出。稀土元素与钙、锶等含量全为负相关。已知钙、锶是生物碳酸盐矿物的典型代表元素,主要赋存于生物介壳或与生物活动有关的沉积物之中,而稀土元素含量基本上与生物介壳等无缘。在本区稀土元素含量异常的白垩系与第三系界线层中钙、锶两种元素含量比白垩纪明显减少,说明了稀土元素的分布与钙、锶的存在呈明显的负相关。

据赵一阳等(1994)的研究,稀土元素均是性质上相对存在差异的元素,尽管如此,它们在不同海区、不同粒度沉积物,不管表生地球化学条件的差异如何,而它们的含量比值相当近似,基本稳定,这充分体现了稀土元素的共生性。

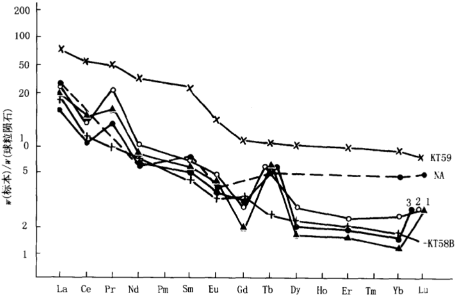


图 4—13 塔里木西南地区白垩系与第三系界线附近 REE 丰度模式

1—ADT111,2—ADT110,3—ADT109;NA 为北美蒙大拿中部陆相 Brownie Butte K/T 界线层

第五节 $CaCO_3$ 含量分析

我们对本区阿尔塔什剖面上白垩统的 3 个岩组和古新统的 3 个岩组的 26 个样品进行了 $CaCO_3$ 含量分析(表 4—11)。

上白垩统的 16 个样品为钙质泥岩、泥灰岩、灰岩及含钙砂岩,其 $CaCO_3$ 含量介于 34.8%~86.7%之间,平均值为 61%。在相当于马斯特里赫特阶的依格孜牙组主要为泥质灰岩和生物灰岩,$CaCO_3$ 含量平均为 65.87%。古新统的 3 个岩组的 10 个样品为钙质泥岩、白云质灰岩、泥灰岩和灰岩。古新统中上部的两个岩组的 $CaCO_3$ 含量介于 38%~93%之间,平均为 65.89%,与上白垩统的依格孜牙组基本持平。在吐依洛克组最底部的 53 号样品中,其 $CaCO_3$ 含量从晚白垩世的 44.6%突然下降到 16.5%,在 0.5 m 处的 56 号样品中为 34.5%,然后在 15 m 处的 58 号样品中逐渐增至 46.1%,虽然仍低于上白垩统的平均值,但已呈回升趋势,进入阿尔塔什组之后才恢复到上白垩统的水平。

图 4—14 为各组的 $CaCO_3$ 含量平均值的对比直方图。我们可以清楚地看出吐依洛克组与其他各岩组之间的明显差别,$CaCO_3$ 含量在该组内发生锐减。碎屑物质和生物物质的非正常输入可能会影响到个别样品的 $CaCO_3$ 含量,但是总体趋势是很明显的。在镜下观察未发现所测样品碳酸盐有显著的次生变化,因而我们认为本区在白垩系与第三系界线层发

表 4—11　阿尔塔什剖面上白垩统—古新统 $CaCO_3$ 含量

层位		样品号	分析号	$w(CaCO_3)/\%$
古新统	齐姆根组	AW88	T26	93.39
		AW84	T25	64.43
		AW80	T24	53.55
	阿尔塔什组	AW72	T23	64.38
		AW71	T22	74.79
		AW70	T21	67.19
		AW65	T20	38.89
	吐依洛克组	AW58	T19	46.12
		AW56	T18	24.49
		AW53	T17	16.46

层位		样品号	分析号	$w(CaCO_3)/\%$
上白垩统	依格孜牙组	AW52	T16	44.55
		AW34	T15	67.97
		AW31	T14	66.26
		AW29	T13	71.05
		AW11	T12	76.50
		AW1	T11	68.90
	乌依塔克组	AF28	T10	37.78
		AF27	T9	70.83
		AF16	T8	81.37
	库克拜组	AF14	T7	66.09
		AF13	T6	86.69
		AF10	T5	36.80
		AF8	T4	70.21
		AF5	T3	40.41
		AF4	T2	52.84
		AF3	T1	40.79

（北京师范大学地理系测试）

生的 $CaCO_3$ 含量下降是真实的。

$CaCO_3$ 含量的下降与多种因素有关，如非碳酸盐碎屑的非正常输入、钙质浮游生物养料的减少或海底溶解的增强等。许靖华等(1982)的资料证明，白垩纪末期的海水具有更强的溶解能力，有利于这样的结论，即碳酸盐补偿深度(即 CCD 面)曾经突然升高(Worsley，1974)。从地球化学角度分析，海水中 $CaCO_3$ 含量主要受控于水体中的 CO_2 的浓度。CO_2 浓度与温度呈负相关变化而与压力呈正相关变化。在温暖的浅海，CO_2 溶解度降低，有较多的 $CaCO_3$ 沉淀下来，加之繁盛的海洋浮游植物营光合作用需要大量 CO_2，降低了 CO_2 在水中的浓度，也促使大量的 $CaCO_3$ 沉淀。前文已分析吐依洛克组的温度比白垩纪下降 15℃左右，水体的短期变冷，水体压力增高，海水中的 CO_2 溶解度增大，促使碳酸盐趋于溶解而生成可溶性 $Ca(HCO_3)_2$，从而使海水偏向酸性。另外，营光合作用的浮游植物锐减或发生绝灭，使更多的 CO_2 溶于海水，进一步加速了海洋水体向酸性环境的变化。

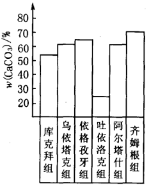


图 4—14　阿尔塔什剖面上白垩统—古新统 $CaCO_3$ 含量直方图

$CaCO_3$ 含量在白垩系与第三系界线附近的急剧下降是全球性的，它是当时古海洋中养料贫乏、生物绝灭或锐减、短期气温降低的必然结果。这一现象在世界各地均有发现(许靖华等，1982；周磊等，1986)。

第六节　结　　论

(1) 碳、氧稳定同位素、铱和锇元素、各类元素、稀土元素和碳酸钙含量等异常的地球化学特征，说明了本区白垩系与第三系界线应该从依格孜牙组和吐依洛克组之间通过而不是划在吐依洛克组和阿尔塔什组之间。

(2) 碳、氧稳定同位素的异常研究表明，本区白垩纪—第三纪之交古海洋环境发生过剧烈变化，海水温度显著下降。

(3) 稀有元素锇异常的发现进一步证实了白垩系与第三系界线富铱层全球分布的一致性和白垩系与第三系界线事件的地外碰撞成因。

(4) 本区各类元素和 $CaCO_3$ 含量在白垩系与第三系界线层的异常变化，说明白垩纪—第三纪之交确实存在天体对地球的碰撞，从而引起了古海洋生物绝灭、养料匮乏，海水变冷而呈酸性和 CO_2 激增。

结　语

白垩系与第三系界线的研究是当前地学热点课题之一，它涉及了一系列地学理论问题和疑难问题，意义重大。同世界其他地区相比，我国白垩系—第三系绝大部分为陆相地层，与国际标准的海相界线层对比存在很大困难，建立我国海相白垩系与第三系界线，尤其是建立我国海陆交互相的这一界线，从而解决与陆相这一界线的对比问题，显得十分重要。塔里木盆地在这一时期为伸入内陆的海湾，在接近入海口地区（如塔西南西端，即喀什西部地区）海相地层发育较为齐全，海相性较强；在远离入海口的地区（如塔东南和塔北地区）则出现海陆交互相地层，海相性较弱。这些地区与我国西北部分布广泛的陆相地层有着密切关系。在原地质矿产部科技司和西北石油局的支持下，本课题开展了塔里木盆地西南地区海相白垩系与第三系界线的专门研究，在海湾和滨海相区做这一界线工作，在国内尚属首次，在与标准海相这一界线层的对比等方面其难度和工作量很大。几年来，课题组人员基本查明了这一界线地层的分布规律和范围，以生物地层学和岩石地层学作为基础，运用事件地层学、现代界线地层学、化学地层学等先进方法和理论，厘定了该地区的白垩系与第三系界线，取得了突破性进展，使之成为一条自然界线。

本课题取得的主要成果是：

1．生物地层学和岩石地层学研究是本课题的基础，本次在这两方面的研究都有突破性进展。在涉及白垩系与第三系界线的上白垩统和古新统的 6 个岩组中进行了详细的生物地层和岩石地层研究，首次建立了有孔虫的 5 个动物群和 15 个组合带，建立了 8 个孢粉组合，同时对双壳类、介形虫、超微化石也进行了研究。根据化石组合和演化特点，将上述 6 个岩组的时代厘定为（自下而上）：上白垩统库克拜组为赛诺曼中晚期—土仑中期，乌依塔克组为土仑晚期—赛诺期，依格孜牙组为马斯特里赫特期；古新统吐依洛克组为古新世丹尼期，阿尔塔什组为古新世中期，齐姆根组为古新世中晚期。

2．根据《国际地层指南》关于年代地层界线不应当建立在不整合面上的原则和生物地层学的研究，本次将原来建立在吐依洛克组和阿尔塔什组之间（两岩组之间为假整合接触）的白垩系与第三系界线，厘定为位于依格孜牙组和吐依洛克组之间，两者之间的接触关系为整合，且发现了地球化学异常的界线层。这是一条自然界线，而不是原来约定俗成的物理界线。

3．事件地层学是当前地层学的热点之一。本次运用事件地层学原理发现生物异常、化学异常层不在吐依洛克组和阿尔塔什组之间，而是位于依格孜牙组和吐依洛克组之间的地层。

4．化学地层在确定地层界线上有着特殊的意义。本次在依格孜牙组和吐依洛克组之间首次发现了稀有金属铱、锇、碳、氧稳定同位素、稀土元素、碳酸盐等地球化学指标异常，同时，所做 37 种元素分析中发现 21 种元素异常，这一界线异常层代表了一个十分复杂的元素组合层。在地层界线上发现如此众多的化学指标异常，在国内尚属首次，在国际上亦不多见。

同时，这一结论和生物地层学与岩石地层学研究结论吻合，与国际上同类界线完全可以对比。

5. 利用碳、氧稳定同位素对界线上下的古温度进行了恢复研究，发现古新世早期（丹尼期）的古温度明显低于晚白垩世，偏差为15℃以上，反映了第三纪早期的古温度较中生代有一个大的下降趋势。这和全球白垩纪—第三纪之交的古温度偏低的总趋势相一致。

6. 通过地球化学分析，表明了白垩系与第三系界线的异常事件是由地外原因造成的，由于地外天体的撞击引起了地球本身各层圈的化学、物理异常变化，导致了生物绝灭和各种地化指标的异常。

7. 本书将原来定为晚白垩世的吐依洛克组的时代厘定为古新世，这一研究结果已得到了国家地层典的承认，正式纳入第三系。

总之，本区白垩系与第三系界线的厘定是一项重要的科研成果，它为解决整个塔里木盆地的这一界线对比问题提供了标准和先期工作模式，并将产生重要影响。当然，这一研究还有待于寻找更多的地质信息，进一步完善和提高，建立更为精细的界线层型剖面。

有孔虫新种描述

有孔虫目　Foraminiferida Eichwald,1830

串珠虫亚目　Textulariina Delage and Herouard,1896

曲杖虫超科　Lituolacea de Blainville,1825

曲杖虫科　Lituolidae de Blainville,1825

达克斯虫属　*Daxia* Cuvillier & Szakall,1949

微小达克斯虫(新种) *Daxia minima* Li(sp. nov.)

(图版1,图12~14)

壳侧视椭圆形,平旋包旋,每圈房室多,低而宽,呈带状,内部构造简单。壳长径0.30~0.50 mm,短径0.20~0.40 mm,旋圈1.5~2个,隔壁粗,微后弯。末圈房室10~13个,房室高度增长缓慢,宽度增长快,致使旋圈迅速扩展。壳壁由钙质胶结物和细粒外来物质组成,颗粒细小而均匀,口孔不清。

对比:新种壳形与 *D. cenomana* Cuvillier & Szakall 相似,但后者壳体大而房室多。

产地及层位:乌恰县且末干、阿尔塔什上白垩统依格孜牙组。

小栗虫亚目　Miliolina Delage & Herouard,1896

小栗虫超科　Miliolacea Ehrenberg,1839

豪尔虫科　Hauerinidae Schwager,1876

假三玦虫属　*Pseudotriloculina* Cherif,1970

平假三玦虫(新种)　*Pseudotriloculina planula* Li(sp. nov.)

(图版5,图2~6)

横切面宽而扁平,近长方形,壳缘窄圆。每圈有2个房室,房室长达1/2旋圈。微球型早期房室呈隐性五玦式,显球型早期房室为不规则的三玦式排列,而后旋转面变化交角为180°,晚期房室在同一平面内绕初房平旋。壳宽0.35~0.45 mm,壳厚0.19~0.26 mm,旋圈2.5~3个。房室宽度增长快,末圈尤为明显。初房球形,直径为0.03~0.09 mm,壳壁钙质无微孔,似瓷质,口孔不清。

对比:新种以宽而扁平的横切面而区别于 *P. cyclostoma*(Reuss)。

产地及层位:乌恰县阿克彻依、且末干、阿尔塔什上白垩统依格孜牙组。

白垩假三玦虫(新种)　*Pseudotriloculina cretacea* Li(sp. nov.)

(图版5,图7~9,13)

横切面椭圆形,中部平或微凸,壳缘宽圆。每圈有2个房室,室房长达1/2旋圈。微球型,早期房室呈隐性五玦式排列,而后旋转面变化相交180°,晚期趋于在同一平面内绕旋。壳宽0.35~0.45 mm,壳厚0.22~0.29 mm,旋圈3~4个,房室增长均匀。初房球形,直径为0.03~0.06 mm。壳壁钙质无微孔,似瓷质,口孔不清。

对比:该种与 *P. planula* Li(sp. nov.)的区别在于后者横切面呈长方形,扁而平。

产地及层位:乌恰县且末干、乌依塔克上白垩统依格孜牙组。

卵形假三玦虫(新种) ***Pseudotriloculina ovata*** **Li(sp. nov.)**

(图版 5,图 10~12)

壳侧视卵圆形,横切面呈卵形,壳缘宽圆。每圈有 2 个房室,房室长达 1/2 旋圈。显球型,早期房室呈三玦式排列,后期趋于在同一平面内绕旋。壳长 0.40 mm,壳宽 0.26~0.30 mm,壳厚 0.18~0.20 mm,旋圈 2~3 个,房室缓慢增长。初房大,球形,直径为 0.07~0.10 mm。壳壁钙质无微孔,似瓷质,口孔不清。

对比:该种以卵圆形的壳体和大初房区别于其他种。

产地及层位:乌恰县阿克彻依、且末干上白垩统依格孜牙组。

双玦型假三玦虫(新种) ***Pseudotriloculina pyrgoformis*** **Li(sp. nov.)**

(图版 5,图 14~18)

横切面圆一亚圆形,壳缘宽圆。每圈有 2 个房室,房室长达 1/2 旋圈。微球型早期房室呈隐性五玦式,显球型早期房室呈三玦式,而后趋于在同一平面内平旋,平旋部分发育。外面旋圈包裹里面旋圈,壳面仅见末圈的 2 个房室,似双玦虫。壳宽 0.22~0.35 mm,壳厚 0.24~0.35 mm,旋圈 3~4 个,房室均匀增长。初室球形,直径为 0.04~0.09 mm。壳壁钙质无微孔,似瓷质,口孔不清。

对比:该种以其似 *Pyrgo* 的形态区别于其他种。

产地及层位:乌恰县阿克彻依、且末干上白垩统依格孜牙组。

阿克彻依假三玦虫(新种) ***Pseudotriloculina akcheyiensis*** **Li(sp. nov.)**

(图版 6,图 22~29)

横切面卵形—亚圆形,壳缘宽圆。每圈有 2 个房室,房室长达 1/2 旋圈,微球型早期房室呈隐伏五玦式,显球型早期房室呈三玦式排列,而后旋转面变化交角呈 180°。壳宽 0.16~0.35 mm,壳厚 0.15~0.24 mm,旋圈 1~3 个,房室增长快。初房球形,直径为 0.03~0.06 mm。壳壁钙质无微孔,似瓷质,壳壁重结晶,口孔不清。

对比:该种以卵圆形的横切区别于 *P. cretacea* Li (sp. nov.)。

产地及层位:乌恰县阿克彻依古新统吐依洛克组。

蜂巢虫超科 Alveolinacea Ehrenberg, 1839

粟孔虫科 Milioliporidae Bronnimann and Zaninetti, 1970

眼孔虫属 ***Ophthalmipora*** **Zaninetti and Bronnimann, 1972**

乌依塔克眼孔虫(新种) ***Ophthalmipora wuyitakensis*** **Li(sp. nov.)**

(图版 6,图 1~3)

壳小。宽卵形—亚球形,壳缘宽圆。每圈有 2 个房室,房室长达 1/2 旋圈。早期管状房室围绕初房平旋内卷,后期旋转轴方向变化或微有不同。壳长 0.30~0.42 mm,壳宽 0.22~0.30 mm,旋圈 3~3.5 个,房室增长均匀。壳壁钙质,似瓷质,由于重结晶作用使壳壁粗孔不清,口孔不清。

对比:新种以亚球状的壳形区别于 *O. dolomitica* Zaninetti and Bronnimann。

产地及层位：乌恰县乌依塔克上白垩统依格孜牙组。

细长眼孔虫（新种） ***Ophthalmipora gracilis*** **Li（sp. nov.）**

（图版 6，图 4～6）

壳细长，亚柱形。每圈有 2 个房室，房室长达 1/2 旋圈。早期管状房室围绕初房平旋内卷，后期旋转轴方向稍微有些变化。壳长 0.24～0.31 mm，壳宽 0.14～0.15 mm，旋圈 3～3.5 个。房室窄，呈带状，早期房室宽度增长缓慢，后期房室宽度增长迅速。壳壁钙质，似瓷质，由于重结晶作用使壳壁微细构造不清，口孔不清。

对比：该种以其细长的外形区别于其他种。

产地及层位：乌恰县阿克彻依古新统吐依洛克组。

参考文献

1. 王大宁、孙秀玉、赵英娘，1986，青海、新疆部分地区晚白垩世—第三纪孢粉植物群，中国地质科学院地质研究所所刊，第15号，152～165页。
2. 王汉生，1984，新疆古地理骨架与找油方向，新疆石油地质，第3期，43～57页。
3. 王英华、刘奇高、陈成业、张秀莲，1983，氧碳同位素组成与碳酸盐岩成岩作用，地质论评，29卷，第3期。
4. 布拉谢尔，M.D.(郝诒纯等译)，1986，微体化石，85～116页，地质出版社。
5. 白顺良、宁宗善、柴之芳、马淑兰，1987，广西黄茆泥盆系—石炭系界线分带及地球化学异常，北京大学学报，4期，105～111页。
6. 许靖华、何起祥等，1982，白垩纪末期生物大批死亡引起环境变化及其演化意义，长春地质学院学报，第1期，1～14页。
7. 许靖华，1980，彗星冲击作用——白垩纪末期地球上发生突变的原因，长春地质学院学报，第2期，1～8页。
8. 齐骅，1984，西北地区陆相侏罗—白垩纪地层，中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊，第7期，第1～18页。
9. 陈锦石、陈文正，1983，碳同位素地层学概论，地质出版社。
10. 陈锦石，1985，地层学和稳定同位素，地层学杂志，第5卷第2期，142～148页。
11. 余静贤、张望平，1980，新疆莎车地区晚白垩世横裂甲藻和疑源类，中国地质科学院院报，第1号，93～117页。
12. 何承全，1984，新疆塔里木盆地西部晚白垩世—始新世微体浮游植物的几个新属，古生物学报，第23卷第6期，768～774页。
13. 宋天锐，1982，塔里木盆地及邻区第三纪沉积岩系发育的探讨，地质论评，28卷4期，317～325页。
14. 肖永林(译编)，1995，地外撞击和沉积，岩相古地理，15卷6期，62～69页。
15. 周廷儒，1964，关于新疆最近地球历史时期的古地理问题，北京师范大学学报，第1期，65～82页。
16. 周廷儒，1983，古地理学，北京师范大学出版社。
17. 周磊、欧阳自远、徐永昌、王先彬，1986，白垩系—第三系界线撞击事件与生物灭绝研究，中国科学院兰州地质研究所研究年报，1～33页。
18. 郑执中、郑守仪，1964，南海北部的浮游有孔虫，海洋与湖泊，6卷1期，38～77页。
19. 郑执中、郑守仪，1978，西沙群岛现代的有孔虫 I，海洋科学集刊，第12集。
20. 茅绍智等，1984，新疆塔里木盆地西部晚白垩世—早第三纪的沟鞭藻及疑源类，地球科学，第2期，7～22页。
21. 张理刚，1985，稳定同位素在地质科学中的应用，陕西科学技术出版社。
22. 赵英娘、孙秀玉、王大宁，1982，新疆莎车和库车盆地第三纪的孢粉组合，中国地质科学院地质研究所所刊，第4号，95～125页。
23. 胡世忠，1987，地层界线划分的思想方法，地质论评，第33卷第1期，91～94页。
24. 郝诒纯、曾学鲁，1979，新疆喀什地区第三纪有孔虫组合及沉积环境的初步分析，中国微体古生物学会第一次学术会议论文选集，6～14页。
25. 郝诒纯、曾学鲁，1980，新疆喀什盆地早第三纪有孔虫，古生物学报，第19卷第2期，152～169页。
26. 郝诒纯等，1980，有孔虫，科学出版社。
27. 郝诒纯、曾学鲁、李汉敏，1982，塔里木盆地西部晚白垩世—第三纪地层及有孔虫，地球科学，第2期，1～161页。

28. 郝诒纯、曾学鲁,1984,从有孔虫的特征探讨中、新生代西塔里木古海湾的演变,微体古生物学报,第1卷第1期,1～16页。
29. 郝诒纯、关绍曾,1985,中国白垩系—第三系界线划分的研究,地球科学,第10卷特刊,213～223页。
30. 郝诒纯等,1986,中国的白垩系,地质出版社。
31. 郝诒纯、曾学鲁、郭宪璞,1987,新疆塔里木盆地西部海相白垩系及其沉积环境探讨,地质学报,第3期,205～217页。
32. 郭宪璞,1990,塔里木盆地西部海相白垩系—第三系界线划分的研究,地球科学,15卷3期。
33. 郭宪璞,1991,新疆克孜勒苏群的沉积环境探讨——兼论塔里木盆地西部白垩系最低海相层位,地质学报,65卷2期。
34. 郭宪璞,1994a,化石群落演替与海平面变化——以塔里木为例,地球学报,3～4期。
35. 郭宪璞,1994b,论塔里木盆地西部海相古新统的划分,地质论评,40卷4期。
36. 郭宪璞,1995a,论新疆西部乌依塔克组的时代及其地质意义,地层学杂志,19卷3期。
37. 郭宪璞,1995b,塔里木盆地西部白垩纪—古新世有孔虫组合的划分,地学研究,20期。
38. 郭宪璞,1995c,塔里木盆地西部白垩纪—古新世有孔虫群落的划分及其环境意义,地球科学,1期。
39. 郭宪璞、姚培毅,1995,新疆塔里木盆地西部发现中白垩缺氧事件,地质论评,41卷6期。
40. 王绍芳、郭宪璞,1995,天山地质考察记,大自然杂志,61期。
41. 殷纯嘏,1980,地质学中的基础化学问题,地质出版社。
42. 唐天福等,1982,塔里木盆地西部晚白垩纪—早第三纪海相地层及沉积环境,科学出版社。
43. 唐天福等,1989,新疆塔里木盆地西部白垩纪至第三纪海相地层及含油性,科学出版社。
44. 周志毅、陈丕基等,1990,塔里木生物地层和地质演化,科学出版社。
45. 李云通等,1984,中国的第三系,地质出版社。
46. 王大宁等,1990,青海、新疆部分地区白垩纪—第三纪含油盆地微古植物群的研究,中国环境科学出版社。
47. 康玉柱等,1997,中国西北地区油气地质特征及资源评价,新疆科技卫生出版社。
48. 刘训等,1998,塔里木板块周缘的沉积-构造演化,新疆科技卫生出版社。
49. 杨藩等,1994,中国油气第三系(Ⅰ)西北油气区分册,石油工业出版社。
50. 新疆维吾尔自治区区域地层表编写组,1981,西北地区区域地层表——新疆维吾尔自治区分册,地质出版社。
51. 田在艺、张庆春,1997,中国含油气盆地岩相古地理与油气,地质出版社。
52. 张勤文、徐道一,1986,天文地质学进展,海洋出版社。
53. 陈荣林、朱宏发、陈跃等,1995,塔里木盆地中新生界沉积特征与石油地质,河海大学出版社。
54. 吴智勇、姜衍文,1996,地质事件与高分辨率事件地层学,地层学杂志。20卷3期。
55. 于津生、李耀菘,1997,中国同位素地球化学研究,科学出版社。
56. 哈瑞斯,P.J.,1996,大绝灭后的生物复苏,地质科学译丛,13卷2期。
57. 赵一阳、鄢明才,1994,中国浅海沉积物地球化学,科学出版社。
58. 雍天寿,1984,西塔里木盆地海相晚白垩世—早第三纪地层,新疆石油地质专辑。
59. 雍天寿、单金榜,1986,白垩纪及早第三纪塔里木海湾的形成与发展,沉积学报,第4卷第3期。
60. 杨遵仪、吴顺宝、杨逢清,1981,关于我国南方海相二叠—三叠系界线问题和接触关系,地球科学,第1期。
61. 杨遵仪等,1982,西藏阿里地区白垩纪固着蛤类及其地质意义,地质学报,56卷4期。
62. 穆克拉任,D.J.,1985,评论地质历史中的稀罕事件,《地球科学》(日本),39卷4期,第258～271页。见国外地质,1989,第二期,科学技术文献出版社。
63.《中国地层典》编委会,1999,中国地层典——第三系,地质出版社。

64. Alvarez, L. W. et al., 1980, Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extintion. Science, 208, No. 4448, p. 1095～1108.

65. Boucot, A. J., 1975, Evolution and extinction rate controls. Developments in Palaeontology and Stratigraphy 1, I — X, p. 1～427.

66. Brasier, M. D., 1982, Architecture and evolution of the foraminiferid test-a theoretical approach. Aspect of Micropleontololgy, George Allen and Unwin, p. 1～41.

67. Brown, N. K. and Bronmimamn, D., 1957, Some Upper Cretaceous Rotaliids from the Carribeam Region. Micropaleontology, 3(1).

68. Buchardt, B. and Jorgersen, N. O., 1979, Cretaceous-Tertiary boundary event. Symp. Vol. 2, p. 54～61.

69. Burleigh, W. H. et all., 1986, The Cretaceous-Tertiary boundary on the Cape Fear Arch, North Carolina, U. S. A., Cretaceous Research, No. 7, p. 1～17.

70. Craig, H., 1953, The geochemistry of the stable carbon isotopes. Geochimica et cosmochimica Acta, Vol. 3, p. 53～92.

71. Cushman, J. A., 1928, Foraminifera, their classification and economic use. Ibid., Spec Publ., 1: 1～401.

72. Cushman, J. A., 1955, Foraminifera, their classifrcafion and economic use. Harvard Univ. Press, Cambrdge Massachusetts: 1～605.

73. Douglas, R. D., 1979, Benthic foraminiferal ecology and paleoecolgy. Foraminiferal ecology and paleoecology, p. 21～53.

74. Ellis, B. F. and Messina, A. R., 1940～1978, Catalogue of foraminifera, Vol. 1～65 and Suppl. 1958～1978. Amer. Mus. of Natur. Hist., New York.

75. Galloway, J. J., 1933, A manual of foraminifera. Principia Press, Bloomington, indiana, *P.* 1～483.

76. Ganopathy, R., 1980, A major meteorite impact on the Earth 65 million years ago: evidence from the Cretaceous-Tertiary Boundary Clay. Science, 209, p. 921～923.

77. Gibsou, T. G. and Buzas, M. A., 1973, Species diversity: patterns in modern and Miocene foraminifera of the eastern margin of North America. Bulletin Geolog. Soc. Amer., Vol. 84, No. 1, p. 217～238.

78. Hao Yichun and Guan Shaozeng, 1984, The Lower-Upper Cretaceous and Cretaceous-Tertiaty boundaries in China. Bull. Geol. Society of Denmark, Vol. 33, p. 129～138.

79. Hay, W. W., 1977, Calcareous Nannofossils, Oceanic Micropaleontology, A. T. S. Ramsay(ed.), Academic Press 2: 1055～1200.

80. Holser, W. T., 1984, Gradual and abrupt shifts in ocean chemistry during Phanerozoic Time. Patterns of change in Earth evolution, p. 123～143.

81. Hsu, K. J. et Mckenzie, J. A., 1985, A"Strangelove Ocean"in the Earlist Tertiary. In the Carbon Cycle and Atmosphere Co: Nutural veriations from Archean fo present. p. 487～492.

82. Jenkins, D. G. and Murray, J. W., 1980, Stratigraphical atlas of fossil foraminifera. p. 149～267. Ellis Horwood ltd.

83. Keller, G. et al., 1993, Gradual mass extinction, species survivorship, and long-term environmental changes across the Cretaceous-Tertiary boundary in high latitudes. Geol. society. Amer. Bull. Vol. 105, p. 979～997.

84. Morner, N. A., 1982, The Cretaceous-Tertiary boundany: Chronostratigraphic position and sequence of erents. J. of Geol. Vol. 90, No. 5, p. 564～573.

85. Murray, J. W. ,1973,Distribution and ecology of living benthic foraminiferids. London: Heinemann.

86. Oberhansli, H. et Hsu, K. J. , 1986, Paleocene-Eocene paleoceanography. Geodynamics Series Vol. 15, p. 85～100.

87. Olsson, R. K. ,1960, Foraminifera of latest Cretaceous and earliest Tertiary age in the New Jersey Coastal Plain. J. Paleont. Vol. 34, p. 1～58.

88. Padian, K. et al. , 1984, Possible-influences of sudden-events on biological radiations and extinctions. In H. D. , Holland and A. F. , Trendall, 1984, Patterns of Change in Earth Evolution, 77～102. Dahlem Konferenzen, Springer-Verlag.

89. Reiss, Z. , 1957, Stratigraphical distribution of some Mesozoic and Cainozoic forminifera from Israel. Geol. Surv. of Israel, Bull. 11.

90. Romein, A. J. T. et Smit, J. , 1981a, Carbon-oxygen stable isotope stratigraphy of the Cretaceaus-Tertiary boundary interval; data from the Biarritz Section (SW France). J. of the Rogal Geol. and Mining Sco. of Netherlands. Vol. 60. No. 4, p. 541～544.

91. Romein, A. J. T. et Smit, J. , 1981b, The Cretaceous-Tertiary boundary: Cretaceous nannofossils and stable isotopes. Proc. Kon. Ned. Akad. Wet. Series B84:p. 295～314.

92. Russell, D. A. , 1979, The Cretaceous-Tertiary boundary problem. Episode, Vol. 4, p. 21～24.

93. Savin, S. M. et Douglas, R. G. ,1975, Tertiary marine paleotemperature. Geol. Soc. Amer,Bull. 86, p. 1499～1510.

94. Schlarger, S. O. et Tentyns, H. C. , 1976, Cretaceous anoxic events:Causes and consequences. Geol. Mijinb. Vol. 55, p. 179～184.

95. Sharpton, V. L. et al. , 1992, New links between the Chicxulub impact structure and the Cretaceous-Tertiary boundary. Nature, Vol. 359, No. 6398, p. 819～821.

96. Smit, J. , 1981, A catastrophic event at the Cretaceous-Tertiary boundary. Thesis, Univ of Amsterdam, p. 1～138.

97. Stelck, C. R. and Wall, J. H. , 1954, Kaskapou foraminofera from peace area of Western Canada. Alberta, Res. Council, Rept. , Edmonton, Alberta, No. 68.

98. Webb, P. N. , 1973, Upper, Cretaceous-Paleocene foraminifera from site 208. Initrial Reports of the DSDP, Vol. 21, p. 541～573.

99. Серова М. Я. , 1961, Таксономическое значение некоторрьгих осоценностей микростуктуры стенкии и строения камер раковины Милиолид Вопросы Микропалеонтол. , 5:128～134.

THE BOUNDARY BETWEEN THE MARINE CRETACEOUS AND TERTIARY IN THE SOUTHWEST TARIM BASIN

Hao Yichun[1], Guo Xianpu[2], Ye Liusheng[3], Yao Peiyi[2], Fu Derong[2], Li Hanmin[3], Ruan Peihua[1], and Wang Daning[2]

(1. China University Geosciences, Beijing 100083; 2. Institute of Geology, CAGS, Beijing 100037; 3. China National Star Petroleum Corporation, Northwest Bureau of Petroleum, Ürümqi 830011)

Abstract

Study on the boundary between Cretaceous and Tertiary is one of the key problem for geosciences. It is of great significant, because of involving a series of geoscientific theory and knotty problems. Most of the strata from the Cretaceous to the Tertiary in China are continental deposits, so it is a great difficulty to correlate the Cretaceous-Tertiary boundary in China with the international standard marine boundary which has long been ascertained and widely accepted by students of geosciences in the world. In order to correlate continental boundary of Cretaceous-Tertiary with the marine one in China, it is very important to fix the boundary between marine Cretaceous and marine Tertiary, particularly important is to fix this boundary in the marine and terrestrial intercalated strata.

During the Cretaceous and the Tertiary, the Southwest Tarim Basin was an inland gulf. In region adjoining the open sea, for instance, the western tip part of the basin, marine strata from the Cretaceous to the Tertiary are well developed with a high degree of marines. In the region far away from the open sea, for example, the Southeast and North part of the basin, continental-marine intercalated strata are developed and have a low degree of marines which shows a close relationship with a distinct similarity to the continental strata from Cretaceous to Tertiary distributed widely in the Northwest of China.

This item specializes in research on the boundary of the marine Cretaceous-Tertiary in the Southwest part of the Tarim Basin, supported by the Sciences and Technology Department and the Northwest Bureau of Petroleum of the Ministry of Geology and Mineral resources in 1996. It is the first time in China to carry out such kind of research in

Cretaceous-Tertiary strata of gulf and littoral faces. Up to now, the authors overcome extreme difficulties and fatigue of hard work, have accomplished the study of the distributed pattern and scope of the boundary bed of the marine Cretaceous-Tertiary in the research region. The boundary is stipulated by applying advanced method and theory of event-stratigraphy, modern boundary-stratigraphy and Chemistry- stratigraphy on the basis of biostratigraphy and lithostratigraphy. Therefore, it should be a natural boundary.

The major achievements from this item are as follows:

1. Break through in research on Cretaceous and Tertiary biostratigraphy and lithostratigraphy which is of fundamental importance in this item are achieved. As a result, five foraminiferal faunas are distinguished in the six formations of the Upper Cretaceous and the Paleocene related to the Cretaceous-Tertiary boundary and fifteen assemblage zones are divided within those faunas; eight spores and pollen assemblages are established in the same horizons, as well as studies of bivalves, ostracods and nannofossils are also made. Based on the evolutionary trend and assemblage succession of fossils, the age of six formations has been ascertained, in ascending order: the Kukebai Formation belonging to the Middle-Late Cenomanian and Middle Turonian; the Wuyitak Formation belonging to the Late Turonian and Senonian; the Ygezya Formation belonging to the Maastrichtian; the Tuylouk Formation belonging to the Danian of the Paleocene; the Artash Formation belonging to the Middle Paleocene and the Qimugen Formation belonging to the Middle-Late Paleocene.

2. In ascertaining geological boundary, study of chemostratigraphy is with special significance. The content abnormality of iridium, osmium, REE, carbon and oxygen stable isotopic, carbonate and so on is found in the bad between the Ygezya Formation and the Tuylouk Formation rather than in the bed between the Tuylouk Formation and the Artash Formation. Among the 37 elements analyzed in the same bed, 21 are found with content abnormality. This bad containing such a complex assemblage of chemical elements represents a natural boundary between Cretaceous and Tertiary which is for the first time in China and very rare in the world.

3. The event-stratigraphy is one of the popular points of stratigraphy, while the boundary event is the core of the eventstratigraphy. In this item, two breakthrough progresses are achieved in research of stratigraphy, i. e. discovery and study of both organism extinct and geochemical abnormal event in the boundary bed between the Cretaceous and the Tertiary in the research region.

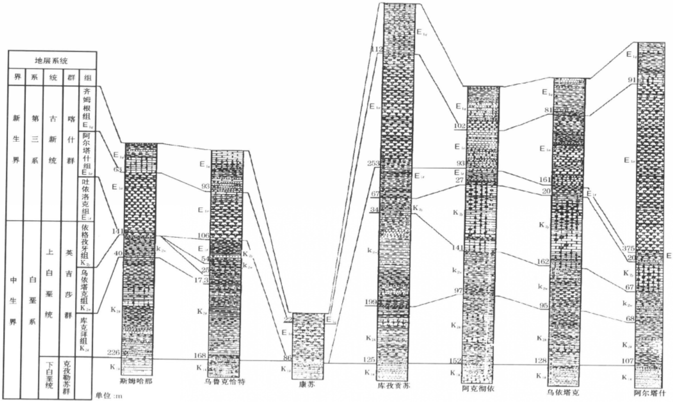
4. The ancient temperature of ocean water during the Late Cretaceous and the Paleocene is inferred based on the values of carbon and oxygen stable isotope. As a result, the temperature of the Early Paleocene is about 15 ℃ lower than that of the Late Cretaceous. It showing that the temperature of the Early Paleocene had a obvious downwards tending in the research region, this is in accord with the global trend of temperature change between the Cretaceous and the Tertiary.

5. Analysis of geochemistry reveal that the geochemical abnormality in the boundary bed between the Cretaceous and the Tertiary in the research region originated due to meteorite impact, which also caused the organism extinction.

6. On the basis of the principle from "the Guide of International Stratigraphy" that chronostratigraphic boundary should not fix on unconformity and the author's study on biostratigraphy, in this item the Cretaceous-Tertiary boundary in the research region is fixed between the Ygezya Formation and its conformably overlying Tuylouk Formation, rather than fixed formerly between the Tuylouk Formation and its unconformably overlying Artash Formation.

7. In this item, the age of the Tuylouk Formation which was formerly assign to the Late Cretaceous is revised as "to the Paleocene". This revision has been admitted by "National Law of Stratigraphy in China", and the Tuylouk Formation has been classified into the Tertiary in this law.

So that, the boundary of the marine Cretaceous-Tertiary in the research region should be a natural boundary, rather than a physical boundary sanctified by usage.



塔里木盆地西南地区 K_2—E_1 主要剖面岩性柱状对比图

(1:4000)

图版说明及图版

有　孔　虫

（图版 8 为实体化石，其余为切片化石）

图　版　1

1～2. *Ammodiscus angustus*(Freidberg)，×100

轴切面，ADT-116；阿克彻依古新统吐依洛克组。

3～4. *Glomospira chariodes* var. *corona* Cushman and Jarvis，×100

切面，ADT-67；阿克彻依上白垩统依格孜牙组。

5～7. *Polychasmia pawpawensis* Loeblich and Tappan

纵切面，6. ×70，5、7. ×100，ADY-78，且-38；阿克彻依、且末干上白垩统依格孜牙组。

8～9. *Cribratina* sp. ，×70

纵切面，9. 可见隔壁收缩，且-36；且末干上白垩统依格孜牙组。

10～11. *Phenacophragma assurgens* Applin et all

近中切面，10. ×70，可见短的半隔壁插入；11. ×60，可见面口孔；ADY-73、74；阿克彻依上白垩统依格孜牙组。

12～14. *Daxia minima* Li(sp. nov.)，×100

中切面，12. 正型，13～14. 副型；且-36、45；且末干上白垩统依格孜牙组。

15. *Ammobaculites gravenori* Stelck and Wall，×100

纵切面，AR-17；阿尔塔什上白垩统依格孜牙组。

16. *A. elongatus* Bolia，×100

纵切面，AR-23；产地及层位同前。

17. *A. pseudoexpansus* Bykova，×100

纵切面，ADT-117；阿克彻依古新统吐依洛克组。

18. *Spiroplectammina piripaua* Finlay，×100

纵切面，幼壳，且-38；且末干上白垩统依格孜牙组。

19. *S. densa* Israelsky

纵切面，幼壳，ADT-116；阿克彻依古新统吐依洛克组。

20. *Plectinella* cf. *virgulinoides* Narie，×100

纵切面，WYY-15；乌依塔克上白垩统依格孜牙组。

21～23. *Textularia informis* Montanaro et Gallitelli，×100

纵切面，ADY-67、78；阿克彻依上白垩统依格孜牙组。

24. *T. costata* Carsey，×100

纵切面，且-33；且末干上白垩统依格孜牙组。

25～26. *T. washitensis* Carsey，×100

纵切面,AR-21;阿尔塔什上白垩统依格孜牙组。

图 版 2

1～3. *Textularia topagorukensis* Tappan,×100

纵切面,且-36、38,ADY-67;且末干、阿克彻依上白垩统依格孜牙组。

4～6. *T. protenta* Cushman,×100

纵切面,ADT-116、119;阿克彻依古新统吐依洛克组。

7. *Spiroloculina fissistomata* Grzybowski,×100

纵切面,ADY-73;阿克彻依上白垩统依格孜牙组。

8. *Massilina plummerae* Harris and jobe,×100

纵切面,ADT-117;阿克彻依古新统吐依洛克组。

9～12. *M.* cf. *vulgaris* Serova

9～11. 横切面,×80,12. 纵切面,×50。ADY-74,且-35、AR-24,WY-37;阿克彻依、且末干、阿尔塔什、乌依塔克上白垩统依格孜牙组。

13～14. *M. texasensis Cushman*, ×100

13. 纵切面,14. 横切面,AR-16、21;阿尔塔什上白垩统依格孜牙组。

15～17. *M. ginginensis* Chapman, ×100

15～16. 横切面,17. 纵切面,ADY-90、且-36、AR-20;阿克彻依、且末干、阿尔塔什上白垩统依格孜牙组。

18～20. *M. hechti* Hofker, ×100

18～19. 纵切面,20. 横切面,AR-21、ADY-74;阿尔塔什、阿克彻依上白垩统依格孜牙组。

21～23. *Quinqueloculina intongaziana* Stritter,×100

纵切面,AR-20、27;WY-37;阿尔塔什、乌依塔克上白垩统依格孜牙组。

图 版 3

1～2. *Quinqoeloculina coonensis* Berry,×100

纵切面,且-41;且末干上白垩统依格孜牙组。

3～4. *Q. affinis* Costa, ×100

纵切面,AR-24, ADY-74;阿尔塔什、阿克彻依上白垩统依格孜牙组。

5. *Q. pygmae* Reuss, ×100

纵切面,ADY-74;阿克彻依上白垩统依格孜牙组。

6. *Q. antiqua* cf. *antiqua* (Franke),×100

纵切面,WYY-17;乌依塔克上白垩统依格孜牙组。

7～9. *Q. pseudovata* Haque,×100

7～8. 纵切面,9. 横切面,ADT-116;阿克彻依古新统吐依洛克组。

10. *Q. naheolensis* Cushman,×100

纵切面,ADT-119;产地及层位 7～9。

11～12. *Q. moremani* Cushman,×100

纵切面,ADY-67、AR-27;阿克彻依、阿尔塔什上白垩统依格孜牙组。

13～18. *Q. rotunda* Carsey,×110

13～14. 纵切面,15～18. 横切面,ADY-67、74;阿克彻依上白垩统依格孜牙组。

19～20. *Q. carinata* d'Orbingy,×80

横切面,ADT-116、123;阿克彻依古新统吐依洛克组。

21～23. *Q. ranikotensis* Haque, ×100

21～22. 纵切面，23. 横切面，ADT-116、119；产地及层位 19～20。

图 版 4

1～3. *Q. robusta* Neage, ×100

1. 纵切面，2～3. 横切面，2～3 为显球型，且-36、WY-38；且末干、乌依塔克上白垩统依格孜牙组。

4～8. *Q. stolleyi* Brotzen, ×100

4～6. 纵切面，7～8. 横切面；8. 显球型，且-36、42，AR-21；且末干、阿尔塔什上白垩统依格孜牙组。

9～10. *Q. rotundata* Costa, ×100

纵切面，AR-23、WYY-15；阿尔塔什、乌依塔克上白垩统依格孜牙组。

11～14. *Q.* cf. *compacta* Serova, ×100

11～12. 纵切面；13～14. 横切面，AR-21；阿尔塔什上白垩统依格孜牙组。

15～17. *Q. newberryensis* Puri, ×100

15～16. 纵切面，17. 横切面，且-32，ADY-74；且末干、阿克彻依上白垩统依格孜牙组。

18～21. *Triloculina* cf. *sphaeroides* Serova, ×100

横切面，19. 显球型；且-41、42，AR-20；且末干、阿尔塔什上白垩统依格孜牙组。

图 版 5

1. *Triloculina* sp. ×100

纵切面，ADY-84；阿克彻依上白垩统依格孜牙组。

2～6. *Pseudotriloculina planula* Li (sp. nov.), ×100

横切面，2. 正型，3～6. 副型；2～3. 显球型，ADY-24，且-36、42，AR-24；阿克彻依、且末干、阿尔塔什上白垩统依格孜牙组。

7～9，13. *P. cretacea* Li (sp. nov.), ×100

横切面，7. 正型，8～9，13. 副型；且 36、38、41、WYY-15；且末干、乌依塔克上白垩统依格孜牙组。

10～12. *P. ovata* Li(sp. nov.), ×100

10. 纵切面，正型；11～12. 横切面，副型；10～12. 显球型，ADY-74、且-36；阿克彻依、且末干上白垩统依格孜牙组。

14～18. *P. pyrgoformis* Li (sp. nov.), ×100

横切面，14. 正型，15～18. 副型；14、16、17 为显球型；ADY-74、且-38、41；阿克彻依、且末干上白垩统依格孜牙组。

19. *Sigmoilina* sp., ×100

横切面，WYY-9；乌依塔克上白垩统依格孜牙组。

20～24. *Ophthalmipora* sp., ×100

纵切面，壳壁重结晶，WYY-15；乌依塔克上白垩统依格孜牙组。

图 版 6

1～3. *Ophthalmipora wuyitakensis* Li (sp. nov.), ×100

纵切面，1. 正型，2～3. 副型；壳壁重结晶，WYY-15；产地及层位同图版 5，图 20～24。

4～6. *O. gracilis* Li(sp. nov.), ×100

纵切面，4. 正型，5～6. 副型；壳壁重结晶，ADT-116、123；阿克彻依古新统吐依洛克组。

7～8. *Nodosaria inarticulata* Reuss, ×80

纵切面，ADY-78；阿克彻依上白垩统依格孜牙组。

9～11. *N. perpusilla* Chapman，×100

纵切面，ADY-67；产地及层位同 7～8。

13～15. *N. orhtophragma* Egger，×100

纵切面，ADY-78；产地及层位同 7～8。

16～19. *N.* cf. *tenuis* Olszewski，×100

纵切面，ADY-78，且-36；阿克彻依、且末干上白垩统依格孜牙组。

20. *N. rigentia* Loeblich and Tappan，×100

纵切面，ADY-78；阿克彻依上白垩统依格孜牙组。

21. *N. aciculia* Philippi，×100

纵切面，ADT-123；阿克彻依古新统吐依洛克组。

22～29. *Pseudotriloculina akcheyiensi* Li (sp. nov.)，×100

横切面，22. 正型，23～29. 副型；壳壁重结晶，28 为显球型，ADT-123；产地及层位同 21。

30. *Bolivina pondi* Cushman，×100

纵切面，ADY-67；阿克彻依上白垩统依格孜牙组。

31. *B. senonicus* var. *desnensis* Vasilenko，×100

纵切面，ADY-90；产地及层位同 30。

32～33. *B. plaita* Carsey，×100

纵切面，ADY-78；产地及层位同 30。

图 版 7

1～3. *Bolivina incrassata* var. *crassa* Vasilenko and Myatliuk，×70

纵切面，3. 显球型，且-38；且末干上白垩统依格孜牙组。

4. *B. garretti* Cushman，×100

纵切面，ADT-117；阿克彻依古新统吐依洛克组。

5～6. *B. decurrens* var. *parallela* Said and Kenawy，×100

纵切面，ADY-78；阿克彻依上白垩统依格孜牙组。

7～8. *Nonion cretaceum* Cushman and Jarvis，×100

近中切面，可见脐部次生堆积物，WYY-15；乌依塔克上白垩统依格孜牙组。

10～11. *N.* sp.，×100

近中切面，AR-16，且-36；阿尔塔什、且末干上白垩统依格孜牙组。

12～13. *N. vicksburgense* Todd，×100

近中切面，ADT-117；阿克彻依古新统吐依洛克组。

14～15. *Nonionella leonensis* Applin and Jordon，×80

中切面，ADT-116、117；产地及层位同 12～13。

16. *Protelphidium adamsi* Bhalla，×100

轴切面，壳壁重结晶，ADT-116；产地及层位同 12～13。

17～20. *P. hofkeri* Haynes，×100

轴切面，壳壁重结晶，ADY-90；阿克彻依上白垩统依格孜牙组。

图 版 8

1. *Ammodiscus*(Freidberg)，×100

1a. 侧视，1b. 壳缘视，且-36；且末干上白垩统依格孜牙组。

2～3. *A. kiowensis* Loeblich and Tappan，×180

侧视，经醋酸处理，且-36；产地及层位同 1。

4～6. *Trocholina trocholinarformis*(Dieni and Massari)

4. 背侧，×260，5. 壳缘视，×290，6. 腹视，×280；经醋酸处理，且-41；产地及层位同 1。

7. *Cibicides mammillatus* Brotzen，×120

7a. 背视，7b. 腹视，7c. 壳缘视，T-381；库孜贡苏古新统吐依洛克组。

8. *C. cantti* Haynes，×95

8a. 背视，8b. 腹视，8c. 壳缘视，T-317；产地及层位同 7。

9. *Nonion* cf. *reculverensis* Haynes，×60

9a. 侧视，9b. 壳缘视，ADT-121；阿克彻依古新统吐依洛克组。

10. *Nonionella cretacea* var. *nammalensis* Haque，×150

10a. 背视，10b. 腹视，W-74；乌鲁克恰特上白垩统依格孜牙组。

11. *Cibicidoides* cf. *loeblichi* (Said and Kenawy)，×180

11a. 背视，11b. 腹视，11c. 壳缘视，T-382；库孜贡苏古新统吐依洛克组。

12. *C. succedens*(Brotzen)，×150

12a. 背视，12b. 腹视，12c. 壳缘视，T-313；产地及层位同 11。

图　版　9

1. 有孔虫灰岩；ADY-78；阿克彻依依格孜牙组。
2. 有孔虫灰岩；ADT-116；阿克彻依吐依洛克组。
3. 小栗虫灰岩；WYY-15；乌依塔克依格孜牙组。
4. 小栗虫灰岩；AR-21；阿尔塔什依格孜牙组。

双　壳　类

（所有标本和照片均存放在中国地质科学院地质所，未注明者均为原大）

图　版　10

1、3、4. *Sauvagesia* sp.

1. 下壳侧视；3. 下壳纵切面，示内部构造；4. 下壳横切面，示壳壁的形态。登记号：ADY-86B。阿克彻依，上白垩统依格孜牙组上部。

2、5、6. Caprinidae

2. 下壳横切面示壳壁两层结构，外壳壁厚；5. 下壳纵切面，示壳壁结构；

6. 上壳×0.5，示螺卷状的壳形；登记号：ADY-87；产地层位同上。

孢　　粉

图　版　11(×600)

1～2. 环圈克拉梭粉 *Classopollis annulatus*(Verb.)Li

乌恰县乌鲁克恰特剖面阿尔塔什组。

3. 克拉梭粉 *C. classoides* (Pflug)Pocock & Jansonius

乌恰县巴什布拉克剖面阿尔塔什组。

4. 小突麻黄粉 *Ephedripites* (*E.*)*apiculatus* Wang

乌恰县巴什布拉克剖面阿尔塔什组。

5. 角网三角孢 *Trilobasporites trioreticulatus* Cookson & Dettmann
乌恰县巴什布拉克剖面依格孜牙组。

6. 阿肯特葡萄孢 *Uveaesporites argentaeformis* (Bolch.) Schulz
乌恰县巴什布拉克剖面依格孜牙组。

7. 胡格斯无突肋纹孢 *Cicatricosisporites hughesi* Dettmann
乌恰县巴什布拉克剖面依格孜牙组。

8. 多皱皱体双囊粉 *Rugubivesiculites rugosus* Pierce
乌恰县巴什布拉克剖面依格孜牙组。

9～10. 希指蕨孢 *Schizaeoisporites* spp.
乌恰县巴什布拉克剖面依格孜牙组。

11. 旋转皱体双囊粉 *Rugubivesiculites convolutus* Pierce
乌恰县巴什布拉克剖面依格孜牙组。

12. 五龙瘤面海金砂孢 *Lygodioisporites wulongensis* Li, Sun& Li
乌恰县巴什布拉克剖面依格孜牙组。

13. 白垩百合粉 *Liliacidites creticus* Mtchedlishvilli
乌恰县巴什布拉克剖面依格孜牙组。

14. 缠结多孔粉 *Periporopollenites perplexus* Nakoman
乌恰县乌鲁克恰特剖面依格孜牙组。

15. 分离三沟粉 *Tricolpites descretus* Gao & Zhao
乌恰县巴什布拉克剖面依格孜牙组。

16. 拟千屈菜粉 *Lythraites* sp.
乌恰县巴什布拉克剖面依格孜牙组。

17. 大型拟千屈菜粉 *L. giganteus* Yu, Gao & Mao
乌恰县巴什布拉克剖面依格孜牙组。

18～19. 条纹新疆粉 *Xinjiangpollis striatus* Yu
乌恰县巴什布拉克剖面依格孜牙组。

20. 粒纹新疆粉 *X. granulatus* Wang, Sun & Zhao
乌恰县巴什布拉克剖面依格孜牙组。

21. 斯科拉粉 *Scollardia* sp.
乌恰县乌鲁克恰特剖面依格孜牙组。

22. 条纹三孔沟粉 *Tricolporites striatellus* Mtchedl
乌恰县巴什布拉克剖面依格孜牙组。

23. 乳头三孔沟粉 *Papilotricolporites* sp.
乌恰县乌鲁克恰特剖面依格孜牙组。

24. 鸟嘴英吉沙粉 *Yenjisapollis rostralis* Yu
乌恰县巴什布拉克剖面依格孜牙组。

25. 粒纹英吉沙粉 *Y. granulatus* Wang, Sun & Zhao
乌恰县乌鲁克恰特剖面依格孜牙组。

26～27. 圆体英吉沙粉 *Y. rotundatus* Wang, Sun & Zhao
乌恰县巴什布拉克剖面依格孜牙组。

28～31. 美丽新疆粉 *Xinjiangpollis bellus* Wang, Sun & Zhao
乌恰县巴什布拉克剖面依格孜牙组。

图 版 12(×600)

1～2. 肋榆粉 *Ulmoideipotes* spp.

1. 乌恰县巴什布拉克剖面阿尔塔什组；2. 乌恰县乌鲁克恰特剖面阿尔塔什组。

3～4. 细网鸡爪勒粉 *Randiapollis microreticulatus* Ke & Shi

乌恰县巴什布拉克剖面阿尔塔什组。

5. 小孔藜粉 *Chenopodipollis micropratus*(Nakoman)Liu

乌恰县巴什布拉克剖面阿尔塔什组。

6. 杂色柳粉 *Salixipollenites discoloripotes*(Wodeh.)Srivas

乌恰县库孜贡苏剖面阿尔塔什组。

7. 假桶形漆树粉 *Rhoipites pseudodolium* Song & Zheng

乌恰县库孜贡苏剖面阿尔塔什组。

8,24. 小亨氏栎粉 *Quercoidites microhenrici*(Pot.)Potonie

乌恰县巴什布拉克剖面阿尔塔什组。

9～10. 伞形花科粉 *Umbelliferoipllis* spp.

乌恰县乌鲁克恰特剖面阿尔塔什组。

11,27. 山榄粉 *Sapotaceoidaepollenites* spp.

乌恰县巴什布拉克剖面阿尔塔什组。

12～13. 三孔沟山榄粉 *S. tricolporatus* He & Sun

乌恰县巴什布拉克剖面阿尔塔什组。

14～15. 大桶形山榄粉 *S. megadolium* Potonie

乌恰县巴什布拉克剖面阿尔塔什组。

16. 盾形南岭粉 *Nanlingpollis aspidoporatus*(He & Sun)Sun & He

乌恰县巴什布拉克剖面阿尔塔什组。

17. 芸香粉 *Rutaceoipollos* sp.

乌恰县巴什布拉克剖面阿尔塔什组。

18. 魏尔漆树粉 *Rhoipites villensis*(Thom.)Sum & He

乌恰县乌鲁克恰特剖面阿尔塔什组。

19,26. 葵形网纹三沟粉 *Retitricolpites geranoides*(Couper)Brenner

19. 乌恰县乌鲁克恰特剖面阿尔塔什组；26. 乌恰县巴什布拉克剖面阿尔塔什组。

20. 椭圆山茱萸粉 *Cornaceoipollenites oblongatus* Ke & Shi

乌恰县巴什布拉克剖面阿尔塔什组。

21～22. 三孔沟粉 *Tricolporopollenites* spp.

乌恰县乌鲁克恰特剖面阿尔塔什组。

23. 大孔三孔沟粉 *T. megaporus* He & Sun

乌恰县库孜贡苏剖面阿尔塔什组。

25. 无形三沟粉 *Tricolpopollenites liblarensis* Thomson & Pflug

乌恰县巴什布拉克剖面阿尔塔什组。

28. 拟榛粉 *Momipites coryloides* Wodehouse

乌恰县巴什布拉克剖面阿尔塔什组。

29. 外突三孔庭粉 *Triatriopollenites* excelsus Pflug

乌恰县巴什布拉克剖面阿尔塔什组。

30. 强壮三孔庭粉 *T. roboratus*(Pfl.)Thom. & Pfl.

乌恰县巴什布拉克剖面阿尔塔什组。

31. 回转三孔庭粉 *T. rurensis* Pflug & Thomson

乌恰县巴什布拉克剖面阿尔塔什组。

32，50～51. 离层三孔粉 *Trudopollis* spp.

32，51. 乌恰县乌鲁克恰特剖面阿尔塔什组；50. 乌恰县巴什布拉克剖面阿尔塔什组。

33. 准完善离层三孔粉 *T. peneperfectus*(Pfl.)Thom. & Pfl

乌恰县乌鲁克恰特剖面阿尔塔什组。

34. 近似离层三孔粉 *T. hemiperfectus* Pflug

乌恰县乌鲁克恰特剖面阿尔塔什组。

35. 原始内孔粉 *Interpollis primigenius*(Zakl.)Krutzsch

乌恰县巴什布拉克剖面阿尔塔什组。

36. 薄折内孔粉 *I. tenuiplicus*(Zakl.)Krutzsch

乌恰县乌鲁克恰特剖面阿尔塔什组。

37. 四口无患子粉 *Sapindaceidites tetrorisus* Zhou

乌恰县乌鲁克恰特剖面阿尔塔什组。

38～39. 小眼球粉 *Oculopollis minor* Wang，Sun & Zhao

乌恰县库孜贡苏剖面阿尔塔什组。

40. 通折似折皱粉 *Pseudoplicapollis perplexus* Pflug

乌恰县乌鲁克恰特剖面阿尔塔什组。

41～42. 裸粉 *Nudopollis* spp.

41. 乌恰县乌鲁克恰特剖面阿尔塔什组；42. 乌恰县库孜贡苏剖面阿尔塔什组。

43～44. 末期裸粉 *N. terminalis*(Pfl. and Thom.)Pflug

乌恰县巴什布拉克剖面阿尔塔什组。

45～47. 内角裸粉 *N. endangulatus*(Pfi.)Pflug

乌恰县乌鲁克恰特剖面阿尔塔什组。

48～49. 大西洋粉 *Atlantopollis* spp.

48. 乌恰县乌鲁克恰特剖面阿尔塔什组；49. 莎车县阿尔塔什剖面阿尔塔什组。

封 面 说 明

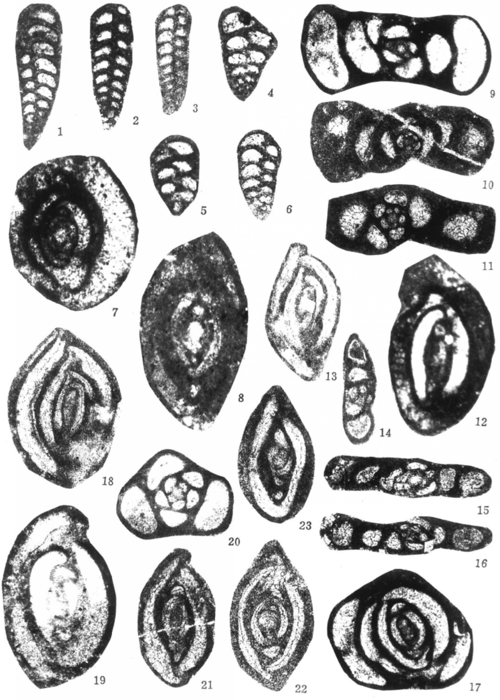
封一　照片为新疆昆仑山远眺

封四　左图为天山前缘地区库孜贡苏剖面海相白垩系—第三系界线，右为第三系吐依洛克组碎屑岩和膏泥岩，左为上白垩统依格孜牙组灰岩。红色野外记录簿处为界线标志。

封四　右图为昆仑山前缘地区阿克彻依剖面海相白垩系—第三系界线。图中右上角为灰白色、灰红色上白垩统依格孜牙组；图中间黄色为第三系吐依洛克组碎屑岩、灰岩。界线位于两者之间。


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26

图版 II



图版III



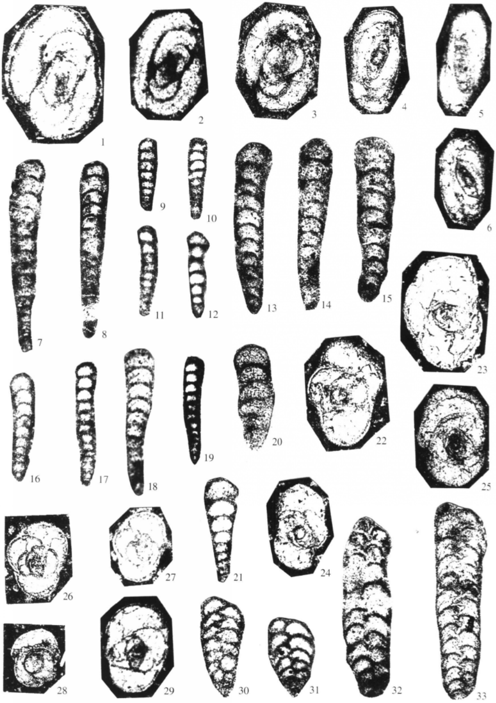
图版IV



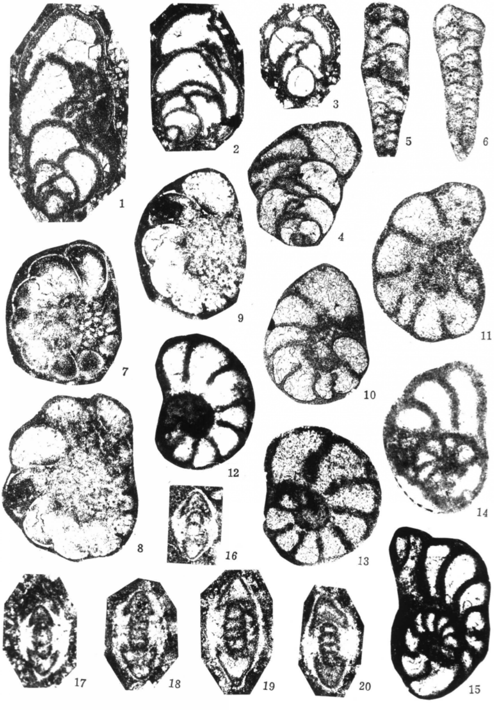
图版V



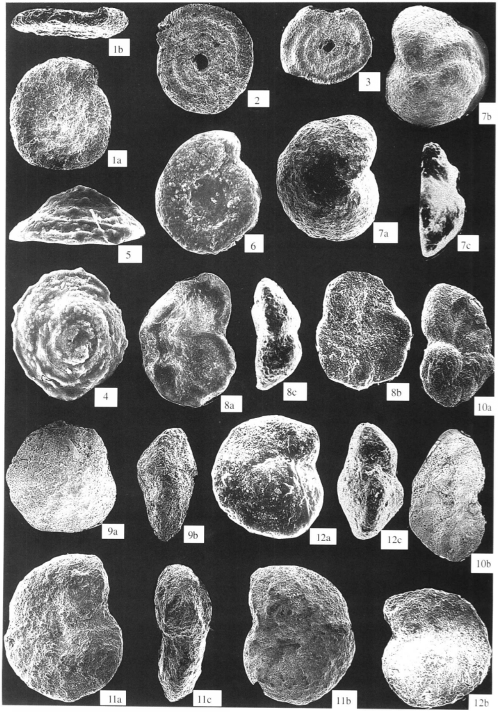
图版VI

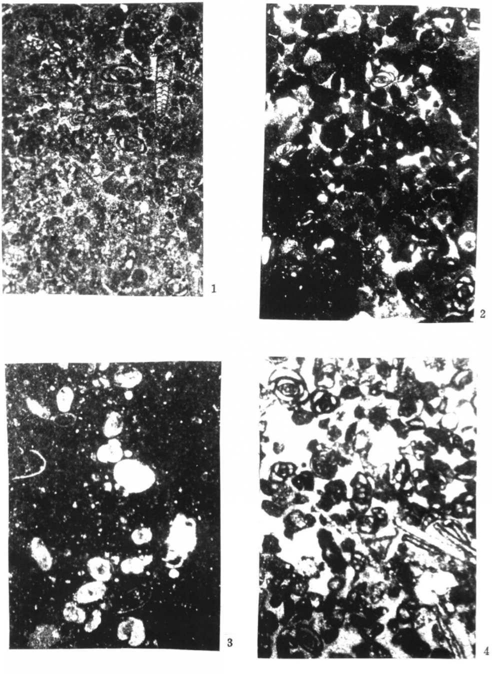


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33

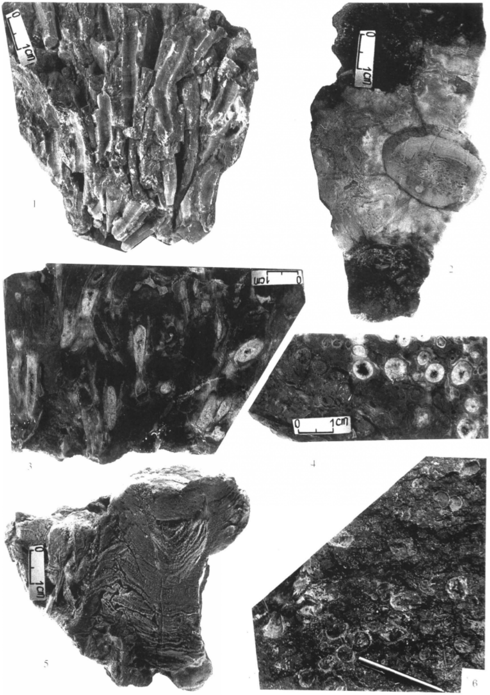

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

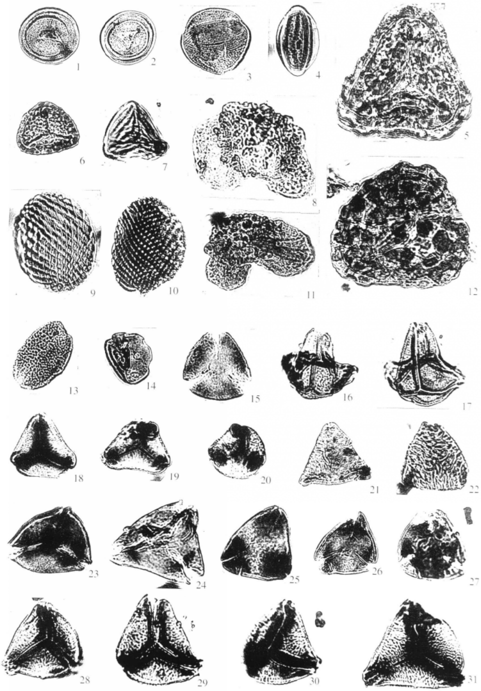
图版Ⅷ



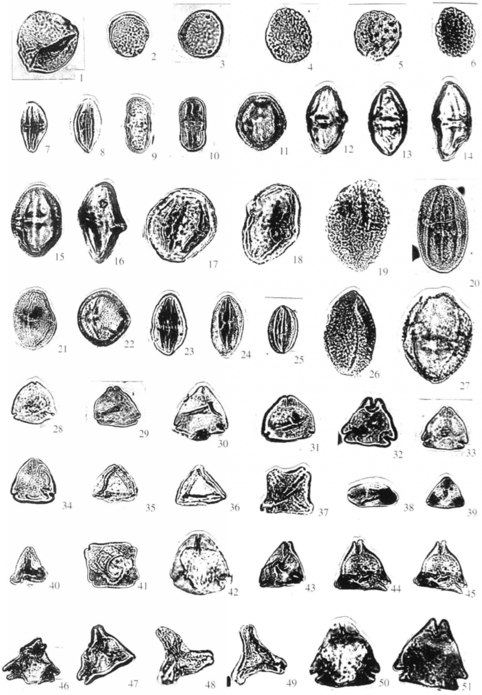


图版 X




1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31

图版XII


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51